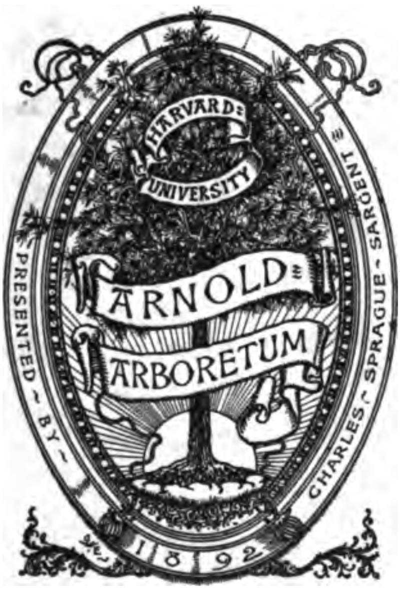
HANDBUCH
DES DEUTSCHEN
DÜNENBAUES.

VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY IN BERLIN.


HARVARD
UNIVERSITY
ARNOLD
ARBORETUM
PRESENTED BY CHARLES SPRAGUE SARGENT
1892

Dünenbau.

Handbuch

des

deutschen Dünenbaues.

Im Auftrage des

Kgl. Preuss. Ministeriums der öffentlichen Arbeiten

und unter Mitwirkung von

Dr. Johannes Abromeit,
Assistent am Botanischen Institut und Garten in Königsberg

Paul Bock,
Regierungs- und Forstrat in Königsberg

Dr. Alfred Jentzsch,
Landesgeologe und Professor in Berlin

herausgegeben von

Paul Gerhardt,
Regierungs- und Baurat in Königsberg i. Pr.

Mit 445 in den Text gedruckten Abbildungen.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1900.

Inhalt.

D. Strukturen und Neben-Erscheinungen.

E. Bedingungen des Wachstums der Dünen.

Seite

Zweiter Abschnitt.

Küstenströmungen und Wandern der Dünen.

Von Paul Gerhardt, Regierungs- und Baurat in Königsberg i. Pr.

A. Küstenströmungen.

B. Wandern der Dünen.

Dritter Abschnitt.

Dünenflora.

Von Dr. Johannes Abromeit, Assistent am Königlichen Botanischen Institut und Garten in Königsberg i. Pr.

A. Einleitung.

B. Biologische und anatomische Verhältnisse der Dünenpflanzen.

C. Gliederung und geographische Verbreitung der Dünenpflanzen.

D. Kulturpflanzen der Dünen.

E. Einige auf den Dünen wildwachsende Pflanzen.

Seite

Vierter Abschnitt.

Zweck und Geschichte des Dünenbaues.

Von Paul Gerhardt, Regierungs- und Baurat in Königsberg i. Pr.

A. Zweck des Dünenbaues.

B. Die Anfänge des Dünenbaues.

C. Sören Biörn.

D. Krause und Hagen.

E. Der Dünenbau in Pommern, Mecklenburg und an der Nordsee.

F. Der neuere Dünenbau in Ost-Preussen.

Fünfter Abschnitt.

Festlegung des Dünensandes.

Von Paul Gerhardt, Regierungs- und Baurat in Königsberg i. Pr.

A. Verschiedene Arten der Festlegung.

B. Tote stehende und liegende Bodenbedeckung.

C. Lebende Bodendeckungen.

D. Sandgraspflanzung.

E. Bau der Vordünen.

F. Unterhaltung der Vordüne.

G. Arbeiten an den Kupsten, Schutzstreifen, Wegen und Wasserläufen in den Dünen.

Sechster Abschnitt.

Aufforstung der Dünen.

Von Paul Bock, Regierungs- und Forstrat in Königsberg i. Pr.

A. Aeltere Kulturen.

B. Auswahl der Holzarten.

Siebenter Abschnitt.

Strandbefestigung.

Von Paul Gerhardt, Regierungs- und Baurat in Königsberg i. Pr.

A. Dünenschutzwerke im allgemeinen.

B. Seebuhnen.

Wasserdurchlässige Seeufer-Schutzwerke.

D. Flachliegende Uferschutzwerke.

E. Steile Uferschutzwerke.

F. Schutz der Haffufer durch Buhnen und Wasserpflanzen.

Einleitung und Vorwort.

„Der Morgen bricht an. Ein kühler Wind weht vom Meere her. In eintönigem Gebrause tönt der Wellenschlag der Flut. Wir wandern dem Strande entlang. In der Nähe der Flut ist der Sand glatt und fest wie der Boden einer Tenne. Der Fuss hinterlässt kaum eine Spur, obwohl der Sand vom Wasser durchtränkt ist. Wir gehen unmittelbar an der Grenzlinie des herangleitenden Wassers und richten unsern Blick auf die See. In ziemlicher Entfernung gewahrt man über der tiefgrünen Flut ein Emporschäumen mächtiger Wogen. Sie bezeichnen die Richtung eines unterseeischen Riffs, über dem eine wilde Brandung steht. Diesseits dieser Stelle erscheinen die Fluten beruhigter, aber näher dem Strande beginnt erneut eine heftige Bewegung. Der flache Boden setzt den heranziehenden Wogen ein Ziel, langsam wachsen sie in die Höhe, verflachen sich am aufstrebenden Rande zu scharfen Kämmen, und nun überstürzen sich diese in heftigen Sprüngen, wobei das gepeitschte Wasser sich in weissen Gischt verwandelt. In mächtigen Schaummassen sprüht dieser empor und bezeichnet den Weg der Brandung in blendend dahinschiessenden Flutgarben. Verkleinert und im stärksten Anprall gebrochen, rückt die flache Welle nun weiter, öfters noch bäumt sie sich in kleineren weissen Schaumkämmen auf, bis endlich der Rest des Wassers in flachen Güssen geräuschlos und wie ermüdet auf dem fast ebenen Strande aufläuft. In eintönigem und doch stets fesselndem Gebrause hallt ruhelos das Geräusch dieser Brandung über Strand und Düne."

„Heiss strahlt die Sonne auf dem schnell trocknenden Sande. Der heftig über dem Boden streichende Wind erfasst die obersten Lagen. Gleich einem feinen Nebel führt er die winzigen Körnchen zu Millionen dahin. In ihrer unendlichen Zahl erzeugen sie, wie sie so wirbelnd dahingleiten, ein leises knisterndes Geräusch, das dem aufmerksamen Beobachter trotz des Brausens der Brandung nicht ent-

geht. Zugleich reiben und schleifen die aneinander prallenden winzigen Körnchen ihre Oberfläche und zermalmen und zerbröckeln in verhältnismässig kurzer Zeit die wenigen harten Muschelschalen, die in ihrer Masse eingebettet sind. Näher den Dünen ist die Wirkung des Windes noch fesselnder. Auch hier herrscht die stille, aber unaufhaltsame Bewegung, auch hier tönt unablässig das feine Klingen und Knistern. Wie gefurcht erscheint an manchen Stellen die Oberfläche der Düne. Hinter jedem kleinen emporragenden Gegenstande, welcher die Wirkung des Windes und der rollenden Körnchen hemmt, bildet sich ein kleines Häufchen oder ein winziger Damm losen Sandes. Jeder hin und her schwankende Grashalm zieht, gleich dem Zirkel, eine feine aber deutliche Bogenlinie in die bewegliche Masse. An anderen Stellen hat der Sand durch eingesickertes Regenwasser grössere Festigkeit erlangt, und fast ohne eine Spur zu hinterlassen, schreitet der Fuss über diese oft wie marmoriert erscheinenden Flächen."*)

„Bald interessieren uns die schwarzen Torffladen, welche die See ausgeworfen, bald die Muscheln, die Holzstücke, die verirrten Tierchen. Da hüpfen Flohkrebse, hier liegen Schmetterlinge verweht im Sande. Ein Käfer ist auf den Rücken gefallen und streckt die Beine zappelnd gen Himmel. Wir richten ihn in einer mitleidigen Wallung des Herzens auf, gehen aber bei anderen vorüber. Freilich fliegen Schwalben geschäftig hin und her, und es ist zu fürchten, dass eine von ihnen den zappelnden Käfer mittlerweile in ihrem Schnabel davontragen wird, wenn sie sich nicht an den Marienpferdchen genügen lässt, die zu Hunderten umher kriechen. Jetzt umrauscht uns eine ungeheure Schar kreischender Möwen, die, aufgescheucht durch unser Kommen, sich in die Luft erheben. Nun erinnert an Menschen ein einsamer Handschuh, eine Jacke, deren Taschen mit Sand gefüllt sind, ein struppiger Schiffsbesen. Eine Strecke weiter, und wir bemerken links im Wasser einen sonderbaren Gegenstand, den ein paar entgegenkommende Fischer als das versunkene Wrack eines „Engelländers" deuten.

Verfehltes Leben — Wrack im Sand —
Im Winde kreis't der Dünensand,
Er kreis't und deckt es zu für immer.
(M. Hartmann.)"**)

Man behauptet, dass das Wort „Düne" von dem keltischen „dun" herkommt,***), das „steiler Hügel, Berg" bedeutet. Es hat

*) Karl Kollbach-Remagen in der Kölnischen Zeitung vom 7. August 1898.
**) L. Passarge. Aus baltischen Landen. S. 143.
***) E. Reclus, Nouv. géogr. univers. 2. 203. Grandjean, Les landes et les dunes de Gascogne S. 23. Sokolów, die Dünen. S. 19.

sich in den Namen mancher Städte noch heut erhalten, z. B. Verdun, Loudun, Saverdun u. A. Das Wort ist in fast alle Sprachen übergegangen. Im Lateinischen ist es zu „dunum", im Griechischen zu „δοῦνον" geworden. Im Italienischen und Spanischen entspricht es dem Wort „duna", im Französischen dem Wort „dune", im Holländischen „duin", im Englischen „down" oder „sanddown", neuerdings jedoch ist auch das Wort „dune" besonders in Amerika gebräuchlich geworden.

Die Dünen kommen als Reste früherer Bildungen im Innern der Länder vor und als neuere Bildungen an der See. Mit diesen. den sogenannten Stranddünen, beschäftigt sich das vorliegende Werk. Sie finden sich an allen sandigen Küsten. Sie finden sich in Deutschland an der Ost- und Nordsee, in Dänemark an der jütländischen Küste, ferner an den Küsten von Holland und Belgien, an den Küsten von Norfolk, Suffolk, Somerset und Cornwall in England, in Frankreich an den Küsten der Normandie, der Bretagne, des Languedoc und namentlich der Gascogne. Auch in Spanien und an der Westküste von Afrika kommen Dünen vor, ferner an den Küsten des Rigaischen Meerbusens, sogar des Kaspischen Meeres und des Aralsees. In Amerika finden sich Dünen hauptsächlich in Massachusetts und an der Küste von Californien.

Die bedeutendsten Dünen liegen an solchen Küsten, die nach Westen, Nordwesten oder Südwesten gerichtet sind: so die Dünen von Kurland, Jütland und Schleswig, die Dünen der frischen und kurischen Nehrung und der Gascogne. Die grösste Ausdehnung nach Länge und Breite haben die Dünen in der Gascogne. Sie erstrecken sich längs des Biscayischen Meerbusens von der Pointe de Grave an der Mündung der Gironde bis Bayonne an der Mündung des Adour auf 240 km und haben eine mittlere Breite von 4 bis 8 km. Die Dünen der pommerschen, west- und ostpreussischen Küste haben insgesamt eine erheblich grössere Ausdehnung; sie werden aber an einzelnen Stellen durch Diluvialschichten unterbrochen, wie z. B. am Samlande, bei Rixhöft u. a. a. O.

Die interessantesten Dünen der Welt sind zweifellos die der kurischen Nehrung. Es ist dies ein schmaler Landstrich von nur 0,5 bis 3,5 km Breite aber 98 km Länge, der sich zwischen der Ostsee und dem kurischen Haff erstreckt und mit Ausnahme weniger oasenartigen Unterbrechungen ganz mit Wanderdünen bedeckt ist, die eine Höhe von 60 m und mehr erreichen. Zu Anfang dieses Jahrhunderts, als die Kultur der Dünen noch nicht soweit vorgeschritten war wie jetzt, war der Eindruck der Oede überwältigend. In den 1800 anonym erschienenen „Kosmopolitischen Wanderungen durch

Preussen, Livland u. s. w.“ heisst es (II. 98): „Noch trauriger als die frische ist die sogenannte kurische Nehrung. Hier ist nichts als eine ewige Sandwüste, wo man meilenweit reisen kann, ohne einen Menschen, geschweige denn ein Dorf anzutreffen. . . . Nie kommt man aus dem Sande heraus, der hier bis an die Achsen geht. Man stösst auf Hütten, die ehemals bewohnt waren, jetzt aber entweder zum Teil oder auch wohl ganz vom Sande verschüttet sind. Hier und da findet man Ueberbleibsel zertrümmerter Schiffe, die das tobende Meer in seiner Wut ausgeworfen hat. Kurz, alles hat hier eine öde, grausende Gestalt, und was man sieht und hört, erweckt in dem Menschen die schaudernde Idee einer rächenden Gottheit.“

Auch heut noch, trotz der vorgeschrittenen Kultur, ist der Eindruck der grossen Wanderdünen übermächtig, eigenartig und reizvoll. Sie wirken wie die Landschaften des ewigen Schnees. Vortrefflich sind die Schilderungen Passarges seiner in den sechziger Jahren ausgeführten Wanderungen:*)

„Hat man den langen Haken erreicht, und reitet man bis zu der Spitze, die sich in dem heissen Sommer bis weit in das seichte Haff erstreckt, so erblickt man im Nordosten zum erstenmal die Dünenkette, noch halbverschleiert in dem Dufte des heissen Morgens, aber geheimnisvoll und unvergleichbar. Im Nebeldufte wasserblau und atlasglatt; von einem Sonnenstrahle getroffen aufglühend wie flüssiges Gold; wenn dichte Wolkenschatten über die schillernden Flächen gleiten, tief violett; immer aber durchsichtig, ätherisch, fast körperlos: — Der tief einsame Wanderer hat Mühe, sich dieser geisterhaften Erscheinung gegenüber zu behaupten.

Anfangs tritt noch eine Pflanze, ein Busch aus dem Sande heraus, sei's dass sie versucht haben in der Düne Wurzel zu schlagen oder von der wandernden Welle bis auf eine kleine Spitze bedeckt worden. Später hört jedes vegetative Leben auf. Es reiht sich Hügel an Hügel, Rücken an Rücken, zu einer unabsehbaren Kette, zu einem Walle sich schliessend, der von der See aus langsam aufsteigt, um nach dem Haff abzufallen in hundert und mehr Fuss hohen steilen Abhängen . . .

Die weite Wasserfläche des Meeres ist gewiss einsam, aber die Nehrung, diese Welt des Sandes, ist um Vieles einsamer. Wo das Leben vollkommen schweigt, verlangen wir seine Spuren nicht. Hier aber, wo es sich leise regt, in schüchternen Anfängen gleichsam; wenn wir den Blick auf die Pflanzen werfen, die aus dem dürrem Sande keimen, wenn wir den Vogel wahrnehmen, der einen Fisch erhascht;

---

*) Passarge, Aus baltischen Landen S. 180.

hier wo das Leben nur das Leben des Sandes ist, das Wandern der ertötenden Düne, das Leben des Todes, hier wo die Erde noch nicht fertig ist, sondern sich in einem Werden, einem Kreisen befindet, unwissend, was sie gebären werde: — hier überkommt uns entweder ein grenzenloses Grauen, oder eine empfindungslose Apathie. Es vergeht eine Stunde und eine zweite. Hinter jedem Vorsprunge erwarten wir etwas Neues, etwas Anderes wenigstens. Haben wir ihn erreicht, so erblicken wir immer dasselbe Bild vor uns. Stehen wir auf einem Haken, so liegt die Dünenkette panoramenartig ausgedehnt, in der Ferne schimmert vielleicht eine kurze gebrochene Linie: ein verlorenes Dörfchen. Stehen wir dicht am Fusse der Düne, so schliesst uns eine cirkusartige Vertiefung ein. Der Dünenwall hängt grausenerregend über uns. Der Blick eilt über die Wasserfläche des Haffes. Wie um uns zu höhnen, fährt in der Ferne ein Dampfboot vorüber. —

Wir sitzen am Fusse des Sandabhanges im Sande. Aus der Ferne kehrt unser Auge zur nächsten Umgebung zurück. Grosse Wegeblätter sind den starren Sandabhang mehrere Fuss hinaufgekrochen und heucheln ein kurzes Leben. Ein Schmetterling fliegt um ein paar Gräser; ein Marienkäferchen kriecht auf dem Sande und müht sich vergebens. Uns ist es, als möchten wir die Körner hören, die unter seinen Füssen den Abhang hinabrollen. Denn die Stille ist grenzenlos. Das Dampfboot ist seit einer Stunde an uns vorüber, wir sehen seinen Rauch nur noch sehr schwach, das Schiff selber gar nicht mehr."*)

„Wenn der Himmel trübe und voller Wolken ist und dann ein plötzlicher Sonnenstrahl einen Dünenberg trifft, so leuchtet und glüht er auf in geisterhafter Lohe, und ich habe oft Mühe gehabt, diese Erscheinung mit der Erde zu verbinden. Zumal an einem Oktobertage, als nach anhaltendem Regen plötzlich Frostwetter eintrat, kam zu dieser Erscheinung noch eine Art Fata Morgana. Die von der Sonne beleuchteten Dünen verzogen und verschoben ihre Linien und Formen, in der Ferne lösten sie sich von der Kette los und schwebten nur in der Luft oder über dem Wasser wie eine Art Meteor, bis ein darüber gleitender Wolkenschatten sie gleichsam auslöschte."**)

Ueber die Fata Morgana, die auf der kurischen Nehrung auftreten, hat Professor Krüger in Tilsit interessante Beobachtungen angestellt und Skizzen von den Erscheinungen gefertigt.***) Er schreibt: „Derartige Luftspiegelungen entstehen dadurch, dass sich zwischen zwei horizontal über einander gelagerten Luftschichten von ungleicher

*) Passarge S. 206 u. 207.
**) Passarge S. 193.
***) Siehe Zweck, Litauen S. 399.

Dichte, die durch Verschiedenheiten in der Temperatur und im Feuchtigkeitsgehalte hervorgerufen wird, die Grenzfläche wie ein richtiger Spiegel verhält, wohlgemerkt aber nur für einen Beobachter, der sich innerhalb der dichteren Luftmasse befindet und aus weiter Entfernung in genügend schräger Richtung auf diese Grenzfläche hinschaut. Besonders häufig kommt die Fata Morgana auf dem Haffe vor. In diesem Falle befindet sich der Beobachter über dem Niveau der Spiegelfläche; unterhalb derselben ist die dünnere, darüber die dichtere Luft. Die spiegelnde Grenzfläche beider Luftschichten liegt dann einige Meter über der meist bewegten Wasserfläche, und verdeckt letztere einem in grösserer Entfernung befindlichen Beobachter. Sie zeigt demselben eine spiegelglatte Fläche, die für ruhiges Wasser gehalten wird, da sich in ihr der Himmel und ebenso die aus der Grenzfläche herausragenden Teile der Fahrzeuge wiederspiegeln, während der Rumpf der letzteren ganz oder teilweise unsichtbar bleibt."

Solche Fata Morgana wird auch zuweilen über dem heissen Dünensande wahrgenommen. Es liegt dann gewöhnlich die Grenzfläche beider Luftschichten in der Höhe des Dünenkammes. Es kommt vor, dass sie sich hebt und senkt. Dann ändern sich die Erscheinungen in kurzen Zwischenräumen. Auch finden sich vereinzelt Unterbrechungen der Spiegelfläche: dann entstehen Auskehlungen in dem Spiegelbild der Düne oder Verzerrungen in den Höhen.

Wunderbar ist die Wirkung eines Sturmes auf die Wanderdünen. So schreibt J. Schumann in den „Neuen preussischen Provinzial-Blättern (III. Folge 1860, S. 165): „Es war seltsam anzusehen, wie die Sandmassen an der sonst geneigten Ebene der Hauptdüne hinaufflossen. Tausende von Bächen, nur etwa zwei bis drei Fuss breit, oft mit einander kommunizierend und sich dann wieder trennend, strömten bergan. Wo einzelne alte mit Grasnarben durchzogene Dünenreste hervorragen, staut sich bisweilen der Sand, wolkenartig aufwirbelnd, wobei dann die dunkle Kuppe für kurze Zeit unsichtbar wird; ein paar Sekunden später tritt sie wieder hervor, da sich die Sandmassen vor ihr geteilt haben, um in zwei Strömen bei ihr vorbei zu fliessen. Projiziert sich der aufwirbelnde Sand auf eine helle Wolke, so erscheint er braun wie Rauch."

Das Kulturverfahren richtet sich bei allen Dünen nach dem örtlichen Bedürfnis. Bei den belgischen Dünen z. B., die an beliebten Badeorten liegen, ist die Sorge der Dünen-Verwaltung neben der Erhaltung der Vordünen vornehmlich auf die Erzielung von Laubholz gerichtet. Bei allen anderen Dünen erstrebt man im allgemeinen als dem Sandboden der Binnendünen mehr entsprechend, die Kultur von Nadelhölzern. Ist die Düne von geringem Umfang, so kann eine

kostspielige Melioration und Düngung zur Anwendung kommen: ein Erfolg ist dann verhältnismässig leicht zu erreichen. Bei Dünen von grosser Ausdehnung dagegen muss bei der Wahl des Kulturverfahrens neben der Sicherheit des Erfolges auf möglichste Ermässigung der Kosten Bedacht genommen werden. In solchem Falle hat das Klima einen entscheidenden Einfluss. Während z. B. die Dünen in der Gascogne dank dem südlichen vortrefflich milden Klima in ausserordentlich billiger und leichter Weise nur durch Ausstreuen des Samens von Pinus maritima auf den Dünensand unter dem Schutz von Strauchdeckungen haben kultiviert werden können, ist die Kultur der ausgedehnten Ostseedünen Deutschlands, die jetzt eifrig betrieben wird, erheblich schwieriger und zeitraubender. Dort hat sich die Kultur sehr schnell auf grosse Flächen ausdehnen lassen, so dass gegenwärtig die Binnendünen der Gascogne vollständig befestigt sind: hier stellt das rauhe Klima grosse Hindernisse der Kultur des Sandbodens entgegen. Schwer und mühevoll ist die Arbeit. Langsam, mit grossem Aufwand von Geduld, Fleiss und Geld muss hier das Ziel gewonnen werden. Zahlreich waren die Versuche, die ausgeführt wurden. Viele scheiterten. Aber unverdrossen wurden andere von neuem unternommen und die gewonnenen Lehren hierbei benutzt. So haben die Bemühungen endlich Erfolg gehabt, und die Früchte jahrelangen Fleisses liegen in gut befestigten Vor- und Binnendünenwerken vor uns.

Heut sind die Zustände auf der kurischen Nehrung schon anders geworden als zu Zeiten der Passargeschen Wanderungen. Die Wanderdünen freilich sind noch auf meilenlangen Strecken vorhanden. Der Eindruck, den sie hervorrufen, ist noch der gleiche. Aber die Kultur ist in die Einöde gedrungen. Die Vordüne ist überall befestigt und damit der Bestand der Küste, der Flussmündungen und Häfen gesichert. In den Palwen, den Niederungen zwischen Vordüne und Binnendüne, befinden sich dichte Erlen- und Kieferngebüsche mit zahlreichem Wildbestande. Rehe und Hasen, Füchse und Dachse sind vorhanden, sogar das seltene Elchwild ist anzutreffen, ganz besonders zahlreich ist aber die Vogelwelt vertreten.*) Bei allen Ortschaften sind die Wanderdünen festgelegt. Hab und Gut der Bewohner sind dadurch geschützt. Häfen und Anlegeplätze sind entstanden und werden von den sich sicher fühlenden Einwohnern in grösserer Zahl gewünscht. In den Palwen zieht sich längs des dort angelegten Weges die Telegraphenlinie als Zeichen der modernen Bedürfnisse der Nehrungsbewohner hin.

*) Hat sich doch vor einigen Jahren in Rossitten ein „Verein vergnügter Vogelfreunde" (V. V. V.) gebildet.

Die Schilderung der Dünenarbeiten, der damit verbundenen Mühen und Erfolge ist eine dankenswerte Aufgabe. Die hierbei gemachten Erfahrungen zu sammeln, zusammenzustellen und zu veröffentlichen, ist der Zweck dieses Werkes.

Schon einmal, im Jahre 1850, war auf Veranlassung der Preussischen Regierung ein Werk über den Dünenbau erschienen: es war einige Jahre vorher von dem Dünenbauinspektor Krause in Danzig bearbeitet worden, einem Manne, der durch jahrelange Thätigkeit in den Dünen ein ausserordentlich vielseitiges Wissen und vortreffliche Erfahrungen gesammelt hatte.*) Das Werk ist vergriffen. Dem Unterzeichneten wurde von dem Ministerium der öffentlichen Arbeiten der ehrenvolle Auftrag zu teil, eine neue Auflage herauszugeben oder ein neues Dünenwerk zu bearbeiten. Er war hierzu deshalb ausersehen worden, weil er seit Jahren als technischer Dezernent des Dünenwesens bei der Königlichen Regierung in Königsberg i. Pr. thätig war, und diese Behörde von allen Provinzial-Behörden Preussens die umfassendste Wirksamkeit im Dünenbau entwickelt.

Die Bearbeitung einer neuen Auflage des „Krause“ erwies sich als nicht angängig. Denn seit dem Erscheinen jenes Werkes war ein halbes Jahrhundert mit einer solchen Fülle von Erfahrungen vergangen, dass auf seiner Grundlage nicht weiter gearbeitet werden könnte. Zudem sollte das neue Werk nicht wie das Werk von Krause nur auf die Ostseedünen West- oder Ostpreussens sich beschränken, sondern die Gesamtdünen Deutschsands an der Nord- und Ostsee umfassen. Es sollte auch so zeitig hergestellt werden, dass es einen Teil der Ausstellung des deutschen Dünenbaues bilden konnte, die von dem Ministerium der öffentlichen Arbeiten für die Weltausstellung in Paris 1900 geplant wurde. So war, unabhängig vom „Krause“, die Bearbeitung eines besonderen Werkes auf neuer Grundlage geboten.

Ein besonders günstiges Zeichen für den Erfolg des Unternehmens fand Verfasser in dem Umstande, dass es ihm gelang, für das Werk vortrefflich geeignete Mitarbeiter zu gewinnen. Die Herren Professor Dr. Jentzsch, Dr. Abromeit und Regierungs- und Forstrat Bock haben die Güte gehabt, die Bearbeitung der geologischen, botanischen und forstlichen Teile des Werkes zu übernehmen. Alle drei Herren sind durch jahrelange Thätigkeit mit den Dünen vertraut und wohlbekannte Kenner ihrer Sonderfächer. Herr Dr. A. Jentzsch war lange Zeit Professor der Geologie an der Universität in Königsberg i. Pr. Er ist als hervorragender Kenner des Alluviums und Diluviums bekannt. Nach Bearbeitung des Manuscripts, im Herbst 1899,

*) Der Dünenbau auf den Ostseeküsten Westpreussens von G. C. A. Krause, Berlin, 1850.

erfolgte seine Versetzung als Landesgeologe nach Berlin. Herr Dr. J. Abromeit, Assistent am botanischen Institut und Garten in Königsberg, betreibt die Dünenflora als Spezialstudium. Er ist durch zahlreiche Wanderungen über die Dünen der frischen und kurischen Nehrung ganz besonders mit ihnen vertraut. Herr Regierungs- und Forstrat Bock, dem eine langjährige Wirksamkeit als forstlicher Dezernent der Königlichen Regierung bezüglich der Dünenkulturen auf der frischen und kurischen Nehrung zur Seite steht, wird als der beste Kenner der Aufforstungen von Dünenflächen geschätzt. Die Teilung der Arbeit wird unserem Werke zum Vorteil gereichen.

Seine Excellenz der Herr Minister der öffentlichen Arbeiten von Thielen, Seine Excellenz der Herr Ministerial-Direktor Schultz und der Herr Oberbaudirektor Professor E. Kummer zu Berlin, die Herren, auf deren Anregung das Werk entstanden ist, haben ihm auch während der Bearbeitung die grösste Förderung zu teil werden lassen. Sie genehmigten die Teilung der Arbeit in der geschilderten Weise und beauftragten einzelne Autoren, Studienreisen nach den Dünengebieten auszuführen, die ihnen noch unbekannt waren, deren Kenntnis aber zur sachkundigen Bearbeitung des Dünenwerkes erforderlich war. So wurde von dem forstlichen und dem botanischen Mitarbeiter sowie dem Herausgeber die deutsche Nord- und Ostseeküste bereist, von diesem auch die Dünen in der Gascogne. Zahlreiche Fussnoten in dem Werk erläutern als Ergebnis dieser Reise die Beziehungen zwischen dem Dünenbau in Deutschland und dem Auslande. Auch die Ausstattung des Werkes mit Abbildungen war nur durch ministerielle Unterstützung möglich gewesen. Mehr als 50 Abbildungen von Dünenpflanzen, die bisher in der Litteratur noch nicht zur Darstellung gekommen waren, wurden auf Staatskosten nach der Natur gezeichnet und werden in dem Werk zuerst veröffentlicht. Endlich wurde der Herausgeber in seiner amtlichen Thätigkeit durch Ueberweisung eines Vertreters entlastet. Er wurde dadurch in den Stand gesetzt, die für das Werk erforderlichen Originalaufnahmen auszuführen und sich den mit der Herausgabe des Werkes verbundenen umfangreichen Arbeiten, sowie der Thätigkeit für die Ausstellung des Dünenbaues in Paris in vollem Maasse zu widmen. Ohne die geschilderte Förderung seitens des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten wäre es unmöglich gewesen, das Werk in dem vorliegenden Umfange zu bearbeiten und in der geforderten kurzen Zeit zu vollenden.

Es ist nicht anzunehmen, dass alle Leser, die das Werk zur Hand nehmen werden, Dünen und insbesondere Wanderdünen gesehen haben werden. Es wurde daher das moderne Hilfsmittel für

die Anschauung, die Photographie, in ausgiebigster Weise benutzt. Die Aufnahmen sind fast ausschliesslich Originalaufnahmen des Herausgebers. Sie wurden nach ihrem Gegenstande auf die verschiedenen Abschnitte des Werkes verteilt und den Autoren zur Verfügung gestellt. Der Verleger, Herr Dr. Parey, hat in dankenswerter Weise für eine gute Wiedergabe der Abbildungen Sorge getragen. Wir hoffen, dass durch die zahlreichen photographischen Aufnahmen das Interesse für das Werk geweckt und das Verständnis erleichtert werden wird.

Der erste Abschnitt: „Geologie der Dünen" bot dem Bearbeiter Herrn Professor Jentzsch, mancherlei Schwierigkeiten. Abgesehen von der durch Arzruni besorgten Uebersetzung des russischen Werkes von Sokolów, das die deutschen Dünen nur ganz nebensächlich nach der Litteratur erwähnt, haben wir kein grösseres Werk über den Gegenstand. Die geologischen Lehrbücher behandeln ihn nur kurz; die geographischen zwar etwas ausführlicher, aber selbstredend mit Uebergehung der geologischen Gesichtspunkte. Dagegen ist die in geologischen, geographischen und allgemein naturwissenschaftlichen Zeitschriften und Monographien zerstreute Spezial-Litteratur über Dünen und die ihre Bildung beeinflussenden Kräfte fast überwältigend gross. Bei der schwierigen Aufgabe, aus diesem sehr ungleichartigen, umfangreichen und dennoch lückenhaften Material ein Gesamtbild der Dünengeologie zu gestalten, kam dem Bearbeiter der Umstand zu statten, dass er teils bei den Karten-Aufnahmen für die Königliche Preussische Geologische Landesanstalt, teils bei privaten Studienreisen eine Reihe einschlägiger Beobachtungen angestellt hatte, die ihm ermöglichten, hin und wieder von neuen Gesichtspunkten aus die Dünenbildung zu betrachten. Der Verfasser wünscht, dass die Leser alles den vorliegenden Beobachtungen Gemeinsame über die Geologie der Dünen kurz und verständlich dargestellt finden, und daraus Anregung und Gelegenheit nehmen möchten, entweder aus der am Schlusse des Werkes aufgezählten wesentlichsten Litteratur sich über Einzelheiten ausführlicher zu unterrichten, oder einige der angeregten theoretischen Fragen durch eigene Untersuchungen der Lösung zuzuführen.

Der zweite Abschnitt: „Küstenströmungen und Wandern der Dünen" wurde von dem Herausgeber bearbeitet. Es geschah dies teils wegen des hydrotechnischen Inhalts, teils deshalb, weil die auf die Wanderungen der Dünen bezüglichen Aufnahmen und Vermessungen von ihm ausgeführt worden waren.

In dem dritten Abschnitt: „Dünenflora" wurden von dem Bearbeiter, Herrn Dr. Abromeit, zuerst die allgemeinen, die Dünen-Vegetation betreffenden Verhältnisse erörtert und eine tabellarische

Uebersicht über die Verbreitung der hauptsächlichsten Dünenpflanzen zusammengestellt, darauf wurden die auf den Nehrungsdünen kultivierten Gewächse eingehender berücksichtigt, und schliesslich eine grössere Anzahl der auf den Dünen wild wachsenden Pflanzen nach dem Englerschen System aufgeführt und durch kurze Beschreibungen und Abbildungen erläutert.

Die Bearbeitung dieses Abschnittes bot dem Verfasser bezüglich der Ostseedünen keine Schwierigkeiten. Durch zahlreiche früher ausgeführte Reisen war er mit dieser Flora sehr vertraut. Die Flora der Nordsee-Dünen war ihm weniger bekannt. Sie ist allerdings in der Litteratur gut bearbeitet worden; dennoch war eine Bereisung der Nordseedünen für botanische Zwecke geboten, einmal um die Litteratur zu ergänzen, und sodann, um das für die Ausstellung der Dünenflora in Paris erforderliche Pflanzenmaterial zu sammeln. Leider war es dem Verfasser wegen dienstlicher Inanspruchnahme nicht vergönnt, an der vom Herrn Minister angeordneten Studienreise während der akademischen Ferien im August 1898 sich persönlich zu beteiligen. An seiner Stelle wurde in dem Herrn Apotheker Erich R. Perwo in Königsberg ein Botaniker gefunden, der, mit vortrefflichen Kenntnissen der norddeutschen Flora und einem lebhaften Interesse an floristischen Forschungen ausgerüstet, für die geplante Exkursion sehr geeignet war. Perwo sammelte während der Reise die für jene Dünen charakteristischen Pflanzen und sandte sie noch im frischen Zustande an Dr. Abromeit, der dann die Bestimmungen revidirte und die Präparation vornahm. Für die ostfriesischen Inseldünen besonders charakteristische Exemplare, die Herr Perwo wegen der vorgeschrittenen Jahreszeit nicht mehr sammeln konnte, wurden durch die Güte der Herren Dr. C. Weber in Bremen und Königl. Garteninspektor Lampe in Norderney erhalten. Bei dem Sammeln und der Darstellung der Ostseeflora wurde der Verfasser durch den Botaniker Oberlandesgerichts-Sekretär Joseph B. Scholz in Marienwerder, Westpr., wirksam unterstützt. Dieser entwarf neben dem Verfasser nach der Natur die Abbildungen von den Dünenpflanzen, die für das Werk erforderlich waren, deren Darstellung aber bisher in der Litteratur noch nicht geschehen war. Seine und des Verfassers Originalzeichnungen sind in dem Werk besonders hervorgehoben worden. Für zahlreiche andere botanische Darstellungen stellte der Herr Verleger bereitwilligst vorhandene Stöcke zur Verfügung.

Der vierte Abschnitt: „Zweck und Geschichte des Dünenbaues“ hat in dem Herausgeber seinen Bearbeiter gefunden. Der Zweck des Dünenbaues wurde hier besonders behandelt, weil seine Darlegung ausserordentlich wichtig ist, und sich an anderer Stelle

nicht gut einfügen liess. Die Beleuchtung der forstlichen Seite desselben Gegenstandes geschah im sechsten Abschnitt.

Der Geschichte des Dünenbaues wurde eine zusammenhängende Darstellung gewidmet, weil es sehr interessant ist, die Entwicklung des Dünenbaues zu verfolgen und zu sehen, mit welcher Mühe und Arbeit die auftretenden Schwierigkeiten bekämpft werden mussten; dann aber auch, weil noch jetzt oft genug Ratschläge auftauchen über die Kultur der Dünen, die längst in früheren Jahren praktisch erprobt und als ergebnislos verworfen worden waren. Der Abschnitt enthält trotz seiner Kürze eine Fülle von Arbeit und Nachforschungen. In den Werken von Krause und Hagen ist die Entwicklung des Dünenbaues nur in den ersten Anfängen bis Sören Biörn dargelegt worden; und auch dies nicht immer genau und vollständig, weil beiden Verfassern offenbar das Aktenmaterial — besonders das der Stadt Danzig — nicht zur Verfügung stand. Die Fortsetzung der Forschungen bis auf die neueste Zeit, die Darstellung der Entwicklung des Dünenbaues in den nichtpreussischen und den Nordseedünen, die Zuweisung jeder Errungenschaft an seinen Erfinder war eine hochinteressante aber recht schwierige und zeitraubende Arbeit. Es mussten dazu umfangreiche Akten und verborgene Bücher beschafft und studirt werden. Die Mühe durfte nicht gescheut werden. Ist doch neuerdings in Frankreich festgestellt worden, dass man dort jahrzehnte lang einen Mann als Erfinder der Dünenkultur gefeiert und ihm sogar ein Denkmal errichtet hat, der nur auf den Schultern eines Andern sich stützte, dessen Arbeiten er aber sorgfältig verschwieg! (Vergl. die Fussnote S. 291).

Für die Darstellung der Geschichte des neueren Dünenbaues, der vorzugsweise in Ostpreussen sich entwickelt hat, kam dem Verfasser seine amtliche Thätigkeit zu statten. Die Arbeiten zur Aufforstung der Wanderdünen sind in ihren Anfängen mehr technischer als forstlicher Art. Die Maassnahmen zur Festlegung des Dünensandes, die Anordnung des Bestecks, seiner Höhe und Weite, die Bestimmung der Schutzstreifen u. a. m. sind ausschliesslich technische Arbeiten. So ist es begründet, dass in Preussen und anderen Ländern die Aufforstung von Wanderdünen nicht nur von Forstleuten sondern auch von Technikern geleitet wird. Dies geschieht bei allen Dünen, deren Festlegung zum Schutz von Wasserstrassen geboten ist. Die Kultur der Wanderdünen bei Nidden auf der kurischen Nehrung und die umfangreichen Kulturen der Dünen zwischen Süderspitze und Schwarzort werden unter der Oberleitung des Herausgebers ausgeführt. Er hat daher amtlich eine sehr genaue Kenntnis über die Einzelheiten des neueren Dünenbaues in Preussen gewonnen

und war darum in der Lage, seine geschichtliche Entwicklung richtig darzustellen.

Der fünfte Abschnitt: „Die Festlegung des Dünensandes“, den der Herausgeber bearbeitet hat, behandelt vorwiegend die Kultur der Vordünen. Der Abschnitt ist rein technischen Inhalts. Es sind die verschiedenen Mittel zur Festlegung des Dünensandes, die auf den Vor- und Wanderdünen jemals zur Ausführung gekommen waren, nach ihren Eigentümlichkeiten und Erfolgen ausführlich erörtert worden. Es wird daher dieser Abschnitt auch dazu dienen, für die Festlegung von fliegenden Dünen des Binnenlandes wertvolle Anhaltspunkte und Ratschläge zu geben.

Der sechste Abschnitt: „Die Aufforstung der Dünen“ hat in dem Herrn Regierungs- und Forstrat Bock einen geeigneten Bearbeiter gefunden. Der Verfasser hat länger als ein Vierteljahrhundert im Regierungsbezirk Königsberg gelebt, dienstlich an der Festlegung und Aufforstung der Dünen mitgewirkt, stets mit lebhaftem Interesse und grosser Aufmerksamkeit die Erfolge und Misserfolge beobachtet und die Gründe für und wider zu erforschen gesucht, hat auch das Verhalten der einzelnen Holzarten gegenüber den Unbilden der See eingehend geprüft. Seine Darstellung über die Aufforstung der Ostseedünen wird daher allen Lesern willkommen und wertvoll sein.

Die Nordsee-Dünen waren ihm bislang fremd gewesen. Er hat sie im August 1898 bei der vom Herrn Minister der öffentlichen Arbeiten angeordneten Reise kennen gelernt. Es lag für ihn nahe, Vergleiche zu ziehen zwischen den forstlichen Verhältnissen an der Nord- und an der Ostsee. Seine Untersuchungen gipfeln in gewissen Vorschlägen für die forstliche Behandlung der Nordseedünen, die in dem Werk (§ 31) niedergelegt sind. Es wird keineswegs verkannt, dass die Kulturverhältnisse an der Nordsee ungleich schwieriger sind als an der Ostsee, und dass, um ein zutreffendes Urteil zu fällen, eine Studienreise allein nicht genügt, sondern jahrelange Beobachtungen der Seeverhältnisse und jahrelang fortgesetzte Versuche geboten sind. Dennoch dürfte das Urteil des Verfassers über die Möglichkeit zur Aufforstung der Nordseedünen und die Winke, die er in dieser Hinsicht giebt, Beachtung verdienen.

Die Abbildungen dieses Abschnittes sind zum grössten Teil Originalaufnahmen oder Original-Zeichnungen. Zu den Darstellungen der Schädlinge wurden von dem Herrn Verleger in dankenswerter Weise vorhandene Stöcke zur Verfügung gestellt.

Der siebente Abschnitt: „Strandbefestigungen“ gehört zum Dünenbau. Wie die Erfahrungen besonders an den Nordseedünen lehren, hat ein Dünenbau ohne gleichzeitige Fürsorge für den

Strand keinen Erfolg. Der Herausgeber als Bearbeiter dieses Abschnittes hat es sich angelegen sein lassen, die sämtlichen Strandbefestigungen, die an den deutschen Nord- und Ostseeküsten ausgeführt worden sind, zu besichtigen und in den Bereich seiner Untersuchungen zu ziehen. Es darf daher behauptet werden, dass die Strandbefestigungen hier in einer Weise dargelegt worden sind, wie es bislang in der Litteratur noch nicht geschehen ist. Die Ausführungen werden allen Strandbesitzern, nicht allein den Besitzern von sandigen Küsten, sondern auch den Besitzern von Küsten aus festeren Bodenarten, zu gute kommen.

Eine Lücke, die nach vorstehender Einteilung das Werk enthielt, blieb noch auszufüllen. Von Freunden des Unternehmens war der Wunsch ausgesprochen worden, dass auch des eigenartigen Zaubers, der wunderbaren Wirkungen gedacht werden möchte, die die Wanderdünen auf den Besucher ausüben. Sie wollten die vortrefflichen Schilderungen Passarges und Anderer in dem Werk nicht vermissen. Dies Verlangen ist nicht unberechtigt, und um so weniger, als der Umfang der Wanderdünen durch die fortschreitende Kultur von Jahr zu Jahr abnimmt. Da nun für diese Schilderungen an keiner anderen Stelle Raum war, so hat Verfasser sie mit dem Vorwort verbunden, auch die Schilderungen der Fata Morgana auf den Wanderdünen hinzugefügt, und das Vorwort zu einer „Einleitung und Vorwort“ erweitert. Er hofft, hiermit den Wünschen der Leser entsprochen zu haben.

Das Werk ist auf Anordnung des Ministeriums bearbeitet worden; aber von ihm nicht allein für amtliche Zwecke bestimmt, sondern auch für das grosse Publikum, für den Buchhandel. Möge ihm eine günstige Aufnahme zu teil werden, und möge es dazu beitragen, den richtigen Weg zu geben nicht allein für die Kultur der Strand- und Wanderdünen, sondern auch für die Deckung der Küsten aller Art und für die Befestigung der Flugsandflächen im Binnenlande.

Königsberg i. Pr., Neujahr 1900.

Der Herausgeber.

Erster Abschnitt.

Geologie der Dünen.

A. Einleitung.

§ 1.

Begrenzung der Aufgabe. Die Geologie oder die Wissenschaft von der Erde verfolgt die Aufgabe, den Zustand der Erde als ein natürlich Gewordenes begreifen zu lehren.

Den Technikern, welche dieses Buch zur Hand nehmen, kann und soll nicht zugemutet werden, der geologischen Forschung in alle Einzelheiten zu folgen; wohl aber muss der wissenschaftliche Techniker gewisse Teile der geologischen Methodik genügend klar erfasst haben, um dieselben gegebenenfalls auf technische Probleme anwenden zu können; auch soll er die geologischen Grundbegriffe so weit beherrschen, dass er die geologischen Karten und die für einen Bau in Betracht kommende geologische Litteratur leicht und richtig verstehen und ausnützen kann.

Auch die geologische Betrachtungsweise der erdgestaltenden Kräfte mag dem Techniker von Nutzen sein. Längst ist letzterer gewöhnt, die Lehren der Physik seinen Rechnungen und Konstruktionen zu Grunde zu legen. Empfindet er es hierbei als Schwierigkeit, dass dem Laboratoriumsversuche nur kleinere Massen, Kräfte und Zeiten zur Verfügung stehen, mithin für alle diejenigen Aufgaben, welche nicht in geschlossener Form gelöst werden können, nur Anfänge von Beobachtungsreihen vorliegen, so findet er in den Gegenständen der geologischen Betrachtung weitere Glieder derselben Reihen oder auch Summen fast unendlich langer Reihen. So kommt der Techniker, welcher mit grossen Massen und Kräften arbeitet und für Jahrhunderte schaffen will, in die glückliche Lage, sich nicht nur auf die feste Basis des physikalischen Experiments zu stellen, sondern auch die geologische

Erfahrung zu nützen, welche ihm zeigt, wohin die Gesamtheit der waltenden Naturkräfte im Laufe von Jahrtausenden die grössten Massen räumlich und stofflich verändert.

Deutschland besitzt vier treffliche Lehrbücher der Geologie von Credner, v. Fritsch, Kayser und Neumayr. Jedes der genannten hat besondere Vorzüge, steht auf der Höhe der Wissenschaft und wird dem Techniker, welcher gewöhnt ist, über das Alltägliche hinaus den Blick auf Allgemeineres zu richten, ein willkommenes Nachschlagebuch sein.

Für eine Geologie der Dünen aber ergiebt sich als Aufgabe: in thunlichster Kürze diejenigen geologischen Grundbegriffe mitzuteilen, welche für das Verständnis der Dünenbildung unentbehrlich sind, sodann das natürliche Werden, Sein und Vergehen der Dünen an der Hand der Beobachtung zu beschreiben und dasselbe möglichst auf Naturgesetze zurückzuführen. Da das Werk für Deutsche bestimmt ist, wurden sämtliche Abbildungen deutschen Dünen entnommen und auch im Text ganz vorwiegend deutsche Beispiele gewählt. Von den ausserdeutschen Dünen konnten mit Rücksicht auf den beschränkten Raum nur einzelne besonders bemerkenswerte Beispiele ausgewählt werden, welche dazu dienen mögen, die in Deutschland beobachteten Typen der Dünen zu ergänzen und das Gesetzmässige der Erscheinung zu zeigen.

§ 2.

Begriff der Dünen. Dünen sind örtliche Bodenerhebungen, deren Gestaltung und Inhalt im wesentlichen vom Winde herbeigeführt sind.

Demnach gehören nicht zu den Dünen Hügel, deren Inhalt vom Wasser oder vom Eis herbeigeschafft ist. Beispielsweise sind an der Nordsee das Rote Kliff auf Sylt, an der Ostsee die sogenannte Düne von Rauschen im Samlande keineswegs ihrer ganzen Masse nach Dünen, obwohl ihre Gipfel von einer oberflächlichen Decke echter Dünen gebildet werden.

Ebenso wird man Sandsteine, deren Sandkörner in geologischer Vorzeit vom Winde herbeigeweht wurden, die aber nun verfestigt und ringsum vom Wasser abgenagt sind, nicht mehr als Dünen bezeichnen.

Auch den vom Winde abgesetzten Staub, der oft meilenweite Flächen und ganze Länder in gleichmässiger Decke als „Löss" überzieht, wird man nicht als Dünen bezeichnen, weil ihm die enge örtliche Begrenzung — wenigstens bei seiner ursprünglichen Ablagerung — fehlt. Gleich den Dünen gehört er zu den äolischen Bildungen. Innerhalb letzterer aber nennt man Düne alles, was als örtliche Erhebung erscheint, auch wenn der Sand zu staubartiger Feinheit

herabsinkt; dagegen Löss die mehr flächenhaft verbreiteten feineren Staubgebilde. Wie die Deltas der Alpenflüsse wegen ihrer groben Schottermassen in verhältnismässig einfachen Formen rasch zum Grunde der Alpenseen abfallen, während die Deltas der Flachländer mit ihren weichen Massen feinen Schlickes fast unmerklich in die Wasserflächen der Strandseen verfliessen, so begründet auch bei den äolischen Schuttmassen die Korngrösse einen ähnlichen Unterschied: der eigentliche Sand bildet die steiler abfallenden, meist scharf umrandeten Dünen, der feine Staub die niedrigen, mit der staubfreien Landschaft ursprünglich fast unmerklich verfliessenden Lössdecken.

Die Körner des Dünensandes können verschiedener Natur sein. Quarz, Feldspathe, Hornblende, Augit, Granat, Magneteisen, Titaneisen, Kalk und andere Mineralien von einem mehr als 2,5 betragenden specifischen Gewichte setzen den gewöhnlichen „Sand“ zusammen. Doch auch Schnee vermag Dünen zu bilden, die zwar meist nur Tage, Wochen oder Monde bestehen bleiben, in den Firnregionen aber längeren Bestand haben.

Die Schneedünen sind wegen ihrer zeitweise fast allgemeinen Verbreitung besonders geeignet, denjenigen, welche fern von Sanddünen wohnen, die ersten Anfänge der Dünenbildung zu zeigen, denn sie wiederholen mit der Schärfe eines Modells oft die Gestalten der Sanddünen. Schon binnen wenigen Stunden können sie erhebliche Ausdehnung und Höhe gewinnen. Aber nur unmittelbar nach ihrem Entstehen verhalten sie sich, als Eissand, gleich echten Sanddünen. Sobald der erste Sonnenstrahl sie trifft, beginnt, selbst wenn die Lufttemperatur weit unter dem Gefrierpunkte bleibt, ihr Verfall: einzelne Körnchen werden weich, der Schnee oder Firn beginnt zu sintern, er „backt“, und selbst die leiseste Spur dieser Sinterung vernichtet die lose Natur des Sandes und verhindert seine Bewegung durch den Wind. Deshalb sind die Schneedünen zwar sehr geeignet, die ersten Anfänge der Dünenbildung vom geheizten Zimmer der Grossstadt aus bequem zu beobachten, wozu flüchtige Wanderungen in Dünengeländen nicht jederzeit allseitige Gelegenheit bieten; aber mit gewissen anderen Verhältnissen der Sanddünen gestatten dieselben keinen Vergleich.

Unsere Aufgabe beschränken wir auf die Geologie der Sanddünen, wobei sich hin und wieder Anlass zu Vergleichen mit Schneedünen bieten wird.

§ 3.

Allgemeines über die Verbreitung der Dünen. Dünen finden sich in allen Weltteilen. Da Winde zeitweise allerorten wehen, entstehen Dünen überall da, wo loser Sand grössere Flächen bedeckt oder auf kleineren Flächen fortwährend neu zugeführt wird.

Dies ist der Fall:

a) Am Meeresstrande an den meisten Flachküsten. Seit langem bekannte und vielfach beschriebene Dünen zeigen die Nordseeküsten Dänemarks, der friesischen Inseln, der Niederlande und Belgiens, der französischen Landes und der preussischen Nehrungen, die jedoch nur Beispiele weitverbreiteter Typen sind.

Die Ufer grösserer Binnenseen bieten die gleichen Erscheinungen.

b) An Flussthälern. Die Flussdünen sind früher wenig beachtet worden. Sie besitzen indes weite Verbreitung im europäischen Russland und fehlen auch nicht in Deutschland, wo wir sie von den Ufern der Weichsel, der Oder, der Elbe und des Rheines kennen.

c) Fern vom Meer und von grösseren Flussläufen finden sich im Innern des Landes weite Dünengebiete. Man kannte sie aus den Wüsten seit langer Zeit und deutete sie dort früher als Spuren einstiger Meeresbedeckung. Jetzt kennt man die Bedingungen, unter denen sie fern vom Meere in Wüsten und Steppen entstehen und zu gewaltigen Massen anwachsen, und findet zwerghafte Vertreter gleicher Entstehungsart auch inmitten fruchtbarer Gelände, z. B. in Deutschland überall dort, wo durch künstliche oder natürliche Vernichtung der Pflanzendecke eine Sandfläche freigelegt wurde oder wo Sandgehänge vom Winde benagt werden.

Nach den Verbreitungsverhältnissen unterscheidet man Meeresdünen (an welche sich die Dünen der Binnenseen reihen), Flussdünen und Festlandsdünen. Alle diese Typen haben viele gemeinsame Züge, weshalb wir sie in unserer Schilderung teilweise gemeinsam behandeln können.

Nach v. Tillo bilden die Dünenlandschaften bezw. das Bereich des beweglichen Sandes etwa $^{7}/_{100}$ der gesamten Landoberfläche.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen betrachten wir die Dünen B. nach ihrem Material; C. nach ihrer Gestaltung; D. nach Struktur und Nebenerscheinungen; E. nach den Bedingungen ihres Werdens und Vergehens.

B. Material der Dünen.

§ 4.

Einige geologische Grundbegriffe. Der Stoff ist ewig, wandelbar seine Form. Jedes Korn des Dünensandes hat schon zahlreiche andere Lagerstätten durchlaufen. Jede Untersuchung über seine Herkunft geht aus von den Begriffen Schicht und Schichtenfolge.

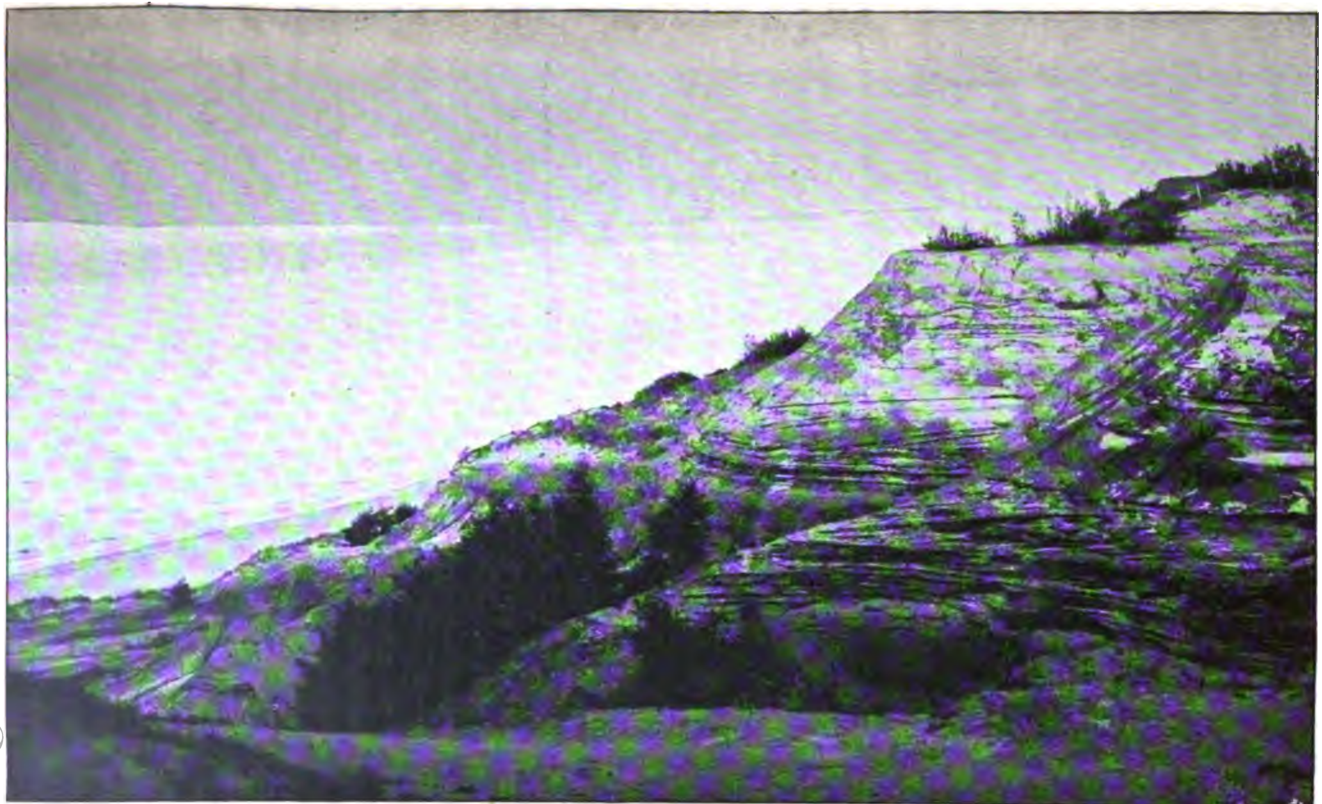


Abb. 1. Der Zipfelberg bei Gross-Kuhren. (Nach einer Aufnahme von H. Thorun in Königsberg.)

Betrachten wir beispielsweise die samländische Nordküste bei Grosskuhren (zwischen Brüsterort und Rauschen), so erhalten wir das Bild Abb. 1.

An der Böschung des nach der See führenden kleinen Thälchens sehen wir zahlreiche helle und dunkle Streifen, welche in der Natur in verschiedenen Farben: gelbbraun, dunkelbraun, schwärzlich, hellgelb, weiss, rostrot und grünlich, sich abheben. Es sind die Durchschnitte ebensovieler dünner Gesteinsplatten, deren jede eine „Schicht“ bildet, von der folgenden durch besondere Beschaffenheit unterschieden.

Nehmen wir in der Nähe einen andern Standpunkt ein, welcher einen weiten Ausblick gestattet (Abb. 2), so können wir ein gleiches Bild kilometerweit verfolgen: immer dieselben Streifen, dieselben Schichten, soweit nicht Gebüsch oder abgerutschte Bergmassen sie örtlich verhüllen.

Sowohl parallel dem Strand als senkrecht dazu erscheinen die Schichten zumeist als annähernd wagrechte Streifen. Die je zwei Schichten trennenden „Schichtenflächen“ sind ehemalige Oberflächen von ziemlich ebener Gestaltung, gleich der heutigen Oberfläche der samländischen Landplatte, welche auf Abb. 2 als fast horizontale Linie im Hintergrunde erscheint, oder gleich dem heutigen Meeresgrunde.

Genauere Betrachtung zeigt an der Böschung flachere und steilere Stellen: erstere entsprechen Schichten losen Sandes, letztere den festeren Schichten, welche hier aus Thon, Mergel oder Sandstein bestehen.

Ausser parallelen Schichten sieht man in Abb. 1 auch solche, welche schwach geneigt sind und von oberen horizontalen Schichten abgeschnitten werden. Hier müssen schon in alter Zeit Teile von Schichten zerstört sein, ehe neue Schichten sich über die alten „Schichtenköpfe“ lagern konnten. So haben wir hier die Gegensätze von Parallelschichtung und Diagonalschichtung, von konkordanter und diskordanter Ueberlagerung.

Der Schluss liegt nahe, dass parallele, also konkordante Schichten bald nach einander unter wesentlich ähnlichen Umständen abgesetzt seien, während Diskordanz auf einen Wechsel der Umstände deute, somit in vielen Fällen auf wesentliche Altersunterschiede. So zutreffend dieser Schluss in vielen Fällen ist, so nichtig ist er in andern, da, wie wir unten sehen werden, Diagonalschichtung schon in sehr kurzer Zeit überall dort entsteht, wo Strömungen von Wind oder Wasser öfter wechseln, wie auf Dünen und im Ufersande der Flüsse, Seen und Meere.

Dagegen ergiebt sich leicht ein andrer Anhaltspunkt für die Zusammengehörigkeit und Trennung von Schichten:



Abb. 2. Die Rosenschlucht bei Gross-Kuhren. (Nach einer Aufnahme von H. Thorun in Königsberg.)

Eine Reihe unmittelbar aufeinanderfolgender Schichten ist durch gewisse gemeinsame Merkmale, die sie von allen andern unterscheiden, zu einer Gruppe verbunden. So sieht man am samländischen Strande, unmittelbar unter der kalkfreien Verwitterungsschicht des Ackerbodens, eine ganze Reihe sehr verschiedenartiger Schichten, denen allen ein gewisser Kalkgehalt und die Beimischung roter Feldspate gemeinsam ist, und darunter eine Reihe ebenfalls unter sich sehr verschiedener Schichten, welche weder Kalk noch Feldspat erkennen lassen. Dies ergiebt auf natürliche Weise zwei Schichtengruppen, deren obere, kalkhaltige wir Diluvium und deren untere kalkfreie wir Tertiär nennen. In den meisten Schichten des Diluvium finden wir kleine oder grosse Geschiebe von Granit, Kalkstein und andern in nordischer Ferne anstehenden Gesteinen, nicht aber im Tertiär. Dieser Gegensatz beider Gruppen erstreckt sich auf die hin und wieder in den Schichten gefundenen Tier- und Pflanzenreste; er ist mithin ein tiefgreifender, wesentlicher und berechtigt uns, beide Gruppen als verschiedene „Formationen“ zu unterscheiden.

Im samländischen Tertiär unterscheiden wir leicht eine untere, an schwärzlich-grünen Körnern (dem Minerale Glaukonit) reiche Gruppe von einer obern Gruppe, welche dieses Mineral nicht oder nur untergeordnet enthält, also eine Glaukonitformation von einer darüber liegenden „Braunkohlenformation“, für deren Alter die Geologie die allgemeineren Namen Oligocän und Miocän gebraucht.

Durch Bohrungen wissen wir, dass unter dem Oligocän wieder kalkhaltige Schichten kommen, die sich aber vom Diluvium durch den völligen Mangel an Granitgeschieben leicht unterscheiden; in dieser ganzen 300 m oder mehr mächtigen untern Schichtengruppe ist keine Schicht ohne Kalk oder Glaukonit, so verschieden sonst deren Schichten sein mögen. Wir bezeichnen sie als Kreideformation.

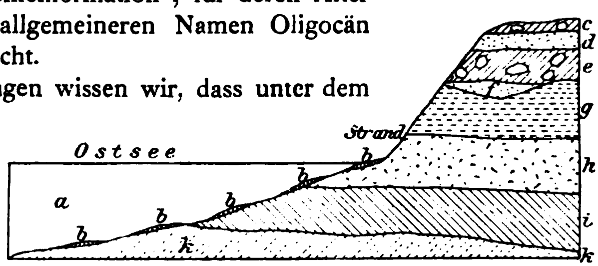


Abb. 3. Samländische Kliffküste. (A. J.)

a. Wasser
b. Jüngster Meeressand . . . . . . Alluvium
c. Oberer Geschiebemergel
d. f. Unterer Diluvialsand und -Grand } Diluvium } Quartär
e. Unterer Geschiebemergel
g. Feine und grobe Quarzsande mit Lettenbänken { Miocän
h. Kalkfreier Grünsand
i. Vorwiegend Grünerde und Grünthon { Oligocän } Tertiär
k. Grünsandmergel mit Knollen von harter Kreide { Kreideformation

Denken wir uns nun einen senkrechten Schnitt quer zur Küste gelegt, so erhalten wir das Bild Abb. 3. Wir sehen, wie Diluvium

über Miocän, über Oligoän, über Kreide — jedes in zahlreiche Schichten gegliedert, die in dem Idealprofil nicht alle einzeln zum Ausdruck kommen können — annähernd horizontal übereinanderliegen und wie die einzelnen Schichten, je nach ihrer Tiefenlage, am Meeresgrunde hervortreten.

Mit der Kreide ist die Reihe der Formationen nach unten hin keineswegs abgeschlossen; die Geologie hat eine grosse Menge von Schichtengruppen unterschieden und dieselben in eine Folge von „Formationen" geordnet, deren Reihenfolge das geologische ABC bildet.

§ 5.

Die Hauptgliederung der geologischen Schichtenreihe. Von oben nach unten unterscheidet man folgende Hauptgruppen Formationen und Stufen:

Hauptgruppe	Formation	Abteilung	Stufen
Känozoisch	Quartär		Alluvium als Bildungen der Jetztzeit
			Diluvium oder Pleistocän
	Tertiär		Pliocän
			Miocän
			Oligocän
			Eocän
Mesozoisch	Kreide	Obere	Senon
			Turon
			Cenoman
		Untere	Gault
			Neocom oder Hils oder Wealden
	Jura		Oberer oder weisser Jura (Malm)
			Mittler „ brauner „ (Dogger)
			Unterer „ schwarzer „ (Lias)
	Trias		Keuper und Rhät
			Muschelkalk
			Buntsandstein
Palaeozoisch	Perm oder Dyas		Zechstein
			Rotliegendes
	Carbon		Produktive Steinkohlenbildung
			Culm und Kohlenkalk
	Devon		
	Silur		
	Cambrium		
	Praecambrium oder Algonkium		
Archäisch			Krystalline Schiefer und Gneisse als älteste bekannte Gesteine.

Jede einzelne Stufe wird noch weiter gegliedert.

Die meisten Formationen erreichen stellenweise Mächtigkeiten von tausend oder mehreren tausend Metern, aber nirgends in der Welt sind alle Formationen übereinander vollständig vorhanden. An jedem Punkte der Welt hat vielmehr die Schichtenreihe grosse Lücken.

Dies kann nicht anders sein; denn da kein Stoff neu entsteht, so entspricht jeder Neuablagerung von Massen anderwärts eine Zerstörung von Gesteinen. Selbst in jenen scheinbaren Ausnahmefällen, in denen Kalk und gelöste Salze sich aus dem Wasser abscheiden, ist, wenn auch in weit zurückliegender Vergangenheit, die Auslaugung älterer Gesteine vorauszusetzen. Nur betreffs der durch Pflanzen aus der Luft abgeschiedenen Kohlenstoffverbindungen mag teilweise eine Ausnahme bestehen.

Die geologische Formationsreihe mit ihren Hunderten von Unterstufen hat also zunächst die Bedeutung eines Schemas zur gegenseitigen Verständigung bei der geologischen Forschung. Sobald eine Schicht in dieses Schema eingereiht ist, weiss der Geologe, dass dieselbe zahlreichen anderen Vorkommnissen aller Weltteile annähernd gleichalterig ist, dass über ihr nur die als jünger bekannten Schichten, unter ihr nur die als älter bekannten erwartet werden dürfen, soweit nicht ganz besondere Umstände auf örtliche Ueberschiebungen deuten.

Wie heute an verschiedenen Stellen gleichzeitig Dünen und Torfmoore, dürrer Flusssand und fruchtbarer Schlick und im Meere Sandbänke oder Kalkschlamm sich bilden, so umfasst jede einzige Formation und jede Stufe derselben verschiedene Erscheinungsweisen, verschiedene Facies. Man spricht von einer sandigen, thonigen, kalkigen Facies, einer Land-, Süsswasser-, Meeres-Facies u. s. w. Beispielsweise erscheint eine und dieselbe Stufe der Kreideformation als weisse Kreide, als Grünsandmergel, als fester Kalkstein oder als Bausandstein.

Der Formationsname bezeichnet demnach nur eine Stelle in der Schichtenfolge, nicht eine bestimmte Gesteinsbeschaffenheit.

Zur Erkennung der Formation dienen die Leitfossilien, d. h. Reste bestimmter Tiere und Pflanzen, welche nach der Gesamtheit der geologischen Erfahrungen nur in bestimmten, engbegrenzten Abschnitten der Formationsreihe vorkommen.

Werden in einer Schicht keine Leitfossilien gefunden, so kann ihr geologisches Alter im allgemeinen nur durch Beziehung auf überlagernde oder unterlagernde fossilführende Schichten bestimmt werden.

In wenig erforschten Ländern ist es dem Techniker unmöglich, diese Bestimmung selbst auszuführen. Er muss sich dann darauf beschränken, die Schichtenfolge festzustellen und alle etwa gefundenen

Versteinerungen, genau nach Schichten getrennt, einem heimischen Fachgeologen vorzulegen.

Dagegen sind in Deutschland und andern Kulturländern die Forschungen schon so weit gediehen, dass in vielen Fällen der Techniker recht wohl in der Lage ist, an der Hand der geologischen Karten, der zugehörigen Erläuterungen und der sonstigen Litteratur einer beobachteten Schicht ihren richtigen Platz in der Formationsreihe anzuweisen.

Die beiden folgenden Paragraphen geben für unsere beiden wichtigsten Dünengebiete nach dieser Richtung einige Anhaltspunkte.

§ 6.

Die Gesteine des Ostseebeckens nach ihrer Verbreitung und Altersfolge. Finland und der grösste Teil Skandinaviens einschliesslich der Ålandsinseln, der Inseln Hogland und Bornholm, bestehen aus krystallinischen Silikatgesteinen, welche teils archäisch sind, teils den älteren paläozoischen Stufen angehören. Jedes Stück dieser Gesteine besteht aus verschiedenartigen Mineralkörnern, deren jedes die Struktur und das physikalische Verhalten eines Krystalls zeigt, während die äussere Gestalt der Krystalle nicht oder nur ausnahmsweise entwickelt ist. Teils sind diese Körner nach allen Richtungen des Raumes gleichmässig angeordnet, dann nennen wir das Gestein massig; teils sind sie nach ein oder zwei Richtungen geordnet, so dass die Struktur flaserig und einer unebenen Schichtung ähnlich wird, dann sprechen wir von Gneiss und krystallinen Schiefern.

Die wichtigsten massigen Gesteine dieses Gebiets sind:

Granit, bestehend aus Quarz, Alkali-Feldspat und Glimmer,
Syenit „ „ Alkali-Feldspat und Hornblende } meist mit untergeordnet beigemengtem Quarz
Diorit „ „ Kalknatron-Feldspat und Hornblende } meist mit untergeordnet beigemengtem Quarz
Diabas „ „ Kalknatron-Feldspat und Augit,
Porphyr „ „ Quarz- oder Feldspatkörnern in einer dichten Grundmasse, die erst bei mikroskopischer Betrachtung kleinere Krystalle erkennen lässt.

Rapakiwi, ein hornblendeführender Granit mit grossen Feldspataugen, welche aus einer Hülle von Kalknatronfeldspat und einem Kern von Alkalifeldspat bestehen.

Von schiefrigen Gesteinen ist der Glimmergneiss (oder Gneiss im engern Sinne) ein schieferiger Granit; der Hornblendegneiss ein schieferiger Syenit oder Diorit; der Hornblendeschiefer ein Hornblendegneiss, in welchem der Feldspatgehalt unmerklich wird;

der Glimmerschiefer ein Glimmergneiss, dessen Feldspat verschwunden ist.

Die reichliche Beimengung anderer Mineralien erzeugte in weiten Gebieten Schwedens Granatgneiss und Magnetitgneiss. In kleineren Massen sind stellenweise Marmor (d. h. krystalliner kohlensaurer Kalk), Magneteisenstein und Quarzit (d. h. Quarzfels) eingelagert. In kleinen, zumeist nur mikroskopisch erkennbaren Körnchen oder Krystallen sind in den meisten genannten Gesteinen noch zahlreiche andere Mineralien eingesprengt, namentlich Apatit, Magneteisen, Titaneisen, Schwefelkies, Zirkon, Rutil und Turmalin.

Die jüngeren Gesteine des Ostseegebietes sind fast sämtlich klastisch, d. h. aus zertrümmerten Teilen dieser alten krystallinen Gesteine und aus Umwandlungsprodukten von solchen zusammengesetzt. Sie sind durchweg geschichet. Alle sind, gleich den krystallinen Gesteinen Skandinaviens, als „Nordische Geschiebe“ bis nach Norddeutschland gelangt und haben somit Anteil am Material auch der deutschen Dünen.

Cambrium enthält namentlich rote oder grünliche feste Sandsteine, schwärzliche, bröckelige Schiefer voll Krebsresten (Trilobiten), sowie Thonschiefer und sogar lose graue Thone. Auf das aus krystallinen Gesteinen bestehende „Skandinavische Schild“ legt es sich meist fast wagrecht auf, in Finnland und dem schwedischen Festlande nur in einzelnen Resten erhalten, bildet die tiefere Unterlage der Insel Oeland, zieht von dort als schmaler Streifen am Grunde des Meers bis Petersburg und bildet an dem von dort nach Esthland ziehenden alten Steilufer des finnischen Busens, dem Klint, die tieferen Schichten, um weiter südlich und westlich unter dem Silur zu verschwinden.

Silur ist fast durchweg Kalkstein, zumeist reich an Versteinerungen (Trilobiten, Brachiopoden, Orthoceratiten, Korallen, Crinoiden, Graptolithen u. s. w.). Es fehlt in Finland, bedeckt in Schweden zumeist die Reste des Cambrium, erfüllt die Inseln Oeland, Gotland und Oesel und zieht sich von da ostwärts durch Esthland bis Petersburg. Weiter südlich wird es von jüngeren Schichten verdeckt; doch findet sich an der Südküste der Insel Bornholm noch ein kleines Silurgebiet.

Devon legt sich in Russland in breiter Fläche darauf, erfüllt Livland und den grössten Teil Kurlands, verschwindet aber weiter westlich und südwestlich völlig, um erst in weiterer Ferne wieder aufzutauchen. Bereits an der Nordspitze Deutschlands bei Memel liegt es 254 m unter dem Meeresspiegel. Es besteht aus Sandsteinen von zumeist roter Farbe, Schieferthonen und Dolomiten, d. h. magnesiumreichen Kalksteinen.

Carbon ist im Ostseegebiet nicht bekannt, ebenso unteres Perm.

Oberes Perm ist daselbst nur auf einer kleinen Fläche in Kurland sichtbar. Es besteht dort aus magnesiumhaltigem („dolomitischem") Kalkstein, ist nur etwa 14 m mächtig und fällt sanft nach Süden, gleichzeitig an Mächtigkeit zunehmend. Bei Memel ist es 28 m mächtig, liegt aber schon 226 m tief unter dem Meer. Zum Perm oder zur Trias sind auch die grossen Gips- und Steinsalzlager des norddeutschen Flachlandes zu rechnen, welche sich von Inowrazlaw und Wapno in der Provinz Posen über Sperenberg (südlich Berlin), Stassfurt bei Magdeburg und die Umgebung des Harzes bis Lüneburg in der Provinz Hannover ziehen; der Ostsee am nächsten kommen dieselben zu Lübtheen in Mecklenburg und Segeberg in Holstein. Zur Trias gehören ferner die Purmallener Mergel, ziegelrote, leicht zerfallende Thonmergel von 137 m Mächtigkeit, welche in und um Memel bei 90—100 m Tiefe unter Meeresspiegel erbohrt sind und dort wohl stellenweise an den Meeresgrund herantreten mögen. Aehnlicher ziegelroter Thon tritt auf Bornholm wieder hervor und das Rhät, die oberste Stufe der Trias bezw. des Keupers, bildet noch in Schonen Sandsteine mit eingelagerten Schieferthonen, Thoneisensteinen und Kohlen von geringer, aber immerhin bauwürdiger Mächtigkeit.

Jura liegt in Kurland stellenweise zu Tage, senkt sich aber nach Süden, so dass er bei Memel 50 m unter dem Meeresspiegel liegt und bei Königsberg 300 m tief unter dem Meere noch nicht erreicht wird. Weiter westlich tritt er in örtlich engbegrenzten Klippen wieder zu Tage, so in der Provinz Posen bei Inowrazlaw und Bartschin, in Pommern bei Kolberg und an den Odermündungen. Seine tiefste Stufe, der Lias, ist auf Bornholm kohlenführend mit Sandsteinen, losen Quarzsanden und weichen Schieferthonen, ist aber ostwärts nicht weiter als bis Cammin in Pommern und bis Berlin bekannt. Und da der Lias bei Memel wie im grössten Teile Russlands fehlt, ist seine Ostgrenze etwa in Westpreussen zu suchen. Der pommersche Jura besteht teils aus oolithischem (d. h. caviarähnlich aus Kügelchen aufgebautem) Kalkstein, teils aus oolithischem Eisenstein und eisenreichen Thonen und Sandsteinen, meist sehr reich an Versteinerungen, z. B. Ammoniten. Der ostpreussische Jura besteht aus schwärzlichbraunen Thonen mit perlmutterglänzenden Schalresten von Ammoniten, Schnecken und Muscheln, darunter feinem losem Sand, während südlich von Memel darüber ein sandiger Kalkstein lagert. Wahrscheinlich tritt Jura stellenweise an den Meeresboden heran.

Sicher ist dies von der Kreideformation, welche fast überall an der deutschen Ostseeküste den tiefern Untergrund bildet. In Ost-

preussen beginnt sie zwischen Tilsit und Memel mit groben Sanden und Sandsteinen, in denen grobe Quarzkörner von schwärzlicher Farbe oder milchiger Weisse auffallen; ihre Hauptmasse bildet hier ein feinsandiger Mergel, der aus Kalkstaub und sehr feinen Körnchen von Quarz mit noch feineren Körnchen von Glaukonit besteht. In der fast 300 m mächtig erforschten Masse liegt eine etwa 2 m starke Bank weisser Kreide, welche nach Westen mächtiger wird und in Rügen als weisser Kreidefels hoch am Meeresufer aufragt. Auch die dänischen Inseln sind reich an Kreideaufschlüssen, wozu u. a. der im Ostseegebiet zu Baukalk weithin verfrachtete Faxe-Kalk — ein fester, aber löcheriger Korallenkalk — gehört. Die Nordgrenze der Kreidebildungen verläuft vom nördlichsten Ostpreussen (bezw. einem äussersten Ausläufer in Kurland) über Bornholm nach der Gegend von Kristianstad in Schweden. Die norddeutschen Kreidegesteine sind, soweit sie nicht weisse Schreibkreide sind, neben einem gewissen Kalkgehalt fast immer durch ihren Gehalt an Glaukonit kenntlich, d. h. traubig zusammengesetzten, sehr kleinen schwärzlichen Körnchen, welche sich leicht zerdrücken lassen und dann lebhaft grün erscheinen.

In den verschiedensten Schichten der Kreideformation finden sich Konkretionen, d. h. knollenförmige kleinere und grössere Anhäufungen härterer Stoffe. In der Schreibkreide bestehen dieselben aus nahezu reiner Kieselsäure und sind Feuerstein (Flint). In den andern Kreideschichten sind die entsprechenden Kieselknollen durchsetzt mit Grünsand, sind minder hart als Feuerstein, springen gleich diesem grossmuschelig und werden als „harte Kreide“ bezeichnet. Andere Knollen, die Phosphorite, sind Knollen von Grünsandmergel, der durch Kalk- und Eisen-Phosphat verkittet wird. Auch der Jurathon enthält Konkretionen, und zwar teils von Thoneisenstein, teils von Schwefelkies. Jura und Kreidegesteine sind leicht kenntlich. Nur sie enthalten in Norddeutschland Belemniten und Ammoniten. Der Jura ist reicher an Ammoniten, die Kreide reicher an Belemniten. Für das Senon ist Belemnitella mucronata bezeichnend, für den norddeutschen Jura der Ammonites Lamberti und die leicht kenntliche Ammonitengruppe der Ornaten, welche jetzt den Gattungsnamen Cosmoceras führt. Austern und andere Muscheln, Schnecken, Crinoiden, Seeigel u. s. w., finden sich in beiden Formationen.

Im Tertiär ist das Eocän nur im westlichen Teile des Ostseebeckens vertreten, wo dasselbe bei Kopenhagen aus festem Thonmergel besteht mit meist zahlreichen kleinen Schnecken, z. B. Turritella.

Das Oligocän ist die schon oben (Abb. 1—3) erwähnte samländische Glaukonitformation. Es besteht hier hauptsächlich aus Quarz

und Glaukonit, die je nach der Korngrösse als grober oder feiner Grünsand, als Grünerde oder Grünthon erscheinen. Im Samlande 75 m mächtig, sinkt das Oligocän im Weichseldelta und im östlichen Pommern auf wenige Meter Mächtigkeit herab, erreicht aber bei Stettin wieder grössere Mächtigkeit als „Stettiner Sand" und als der für die Cementfabrikation brauchbare „Septarienthon". Es dürfte aber im westlichen Teile des Ostseebeckens nicht oder nur ausnahmsweise den Meeresboden erreichen. Dagegen hat es auch in jener Gegend Material zum Aufbau des Diluviums und somit mittelbar zum Aufbau der dortigen Dünen geliefert.

Das Miocän bildet einen grossen Teil der samländischen, westpreussischen und hinterpommerschen Steilküsten. Es ist hier als Braunkohlenbildung entwickelt und besteht aus kalkfreien Schichten, und zwar groben und feinen Quarzsanden, z. T. mit Glimmerschuppen, mit dünnen Bänken von Braunkohle, Thon und sandigem Thon (Letten). Auch weiter westlich setzt es fort, geht aber in Holstein in „Glimmerthon", einen muschelreichen Meeresabsatz, über.

Pliocän fehlt im Ostseegebiet.

Ueber allen diesen ältern und neuern Formationen lagert in sämtlichen Ostseeländern eine Decke von Diluvium. Diese ist in Skandinavien und Finland meist dünn und vielfach von durchragendem Fels durchbrochen, wird aber nach Süden immer zusammenhängender und erreicht in den deutschen Ostseeländern 100—200 m Mächtigkeit. Alle beschriebenen Gesteine des Ostseegebietes finden sich darin als Geschiebe.

In der Reihe der norddeutschen Diluvialschichten besteht etwa die Hälfte der Masse aus Geschiebemergel. Dieses Gestein ist für Norddeutschland sehr wichtig. Es enthält grosse und kleine Blöcke unregelmässig verteilt in einer Grundmasse, welche aus kleineren Geschieben, groben, feinen und feinsten Sanden, Staub und Thonteilchen besteht, bei durchschnittlich etwa 10 bis 12 Prozent Gehalt an kohlensaurem Kalk. Nur an der Oberfläche ist letzterer auf 0,5 m bis 5 m (zumeist etwa 1 m) Tiefe ausgelaugt und dadurch der Geschiebemergel in Geschiebelehm umgewandelt. Der Landwirt nennt ihn Lehmmergel; ältere, aber jetzt aufgegebene Namen waren „Sandmergel" und „Diluvialmergel". In Schweden ist das entsprechende Gestein nur in Schonen und bei Gefle kalkhaltig, sonst kalkfrei und heisst Krosstenslera, sowie dort, wo der Thongehalt nahezu verschwindet, Krosstensgrus.

Dieser Geschiebemergel ist durch eine zusammenhängende, langsam sich fortschiebende, Hunderte von Metern mächtige Decke von gletscherartigem Landeis, welches die heutige Ostsee dreimal über-

schritt, um sich ebenso oft nach Norden zurückzuziehen, über das Land und grosse Teile des Meeresbodens ausgebreitet.

In den Zwischeneiszeiten (Interglacialzeiten), sowie am Aussenrande des Eises haben teils Schmelzwässer, teils gewöhnliche Flüsse und die Wellen von Binnenseen und Meeresbuchten den Geschiebe-



Abb. 4. Seetorf und unterseeische Baumstämme an der Ostseeküste bei Leba.
(Nach einer Aufnahme des Herrn Dr. Weidtmann in Leba.)

mergel ausgewaschen und nach der Korngrösse gesondert. Inmitten des Diluviums finden wir also auf, unter oder über dem Geschiebemergel Anhäufungen von Blöcken, groben oder feinen Grand, groben oder feinen Sand, Mergelsand (d. h. kalkhaltigen feinsten Sand) und Thonmergel. Alle diese wässerigen Absätze sind geschichtet, die Thone mit Parallelschichtung, die gröbern Sande und Grande oft mit Diagonalschichtung.

Das Alluvium zeigt im mittleren Schweden, Finland und den russischen Ostseeprovinzen von Petersburg bis Livland entlang der Küste breite Streifen von Thonen und Sanden, welche am Meeresboden gebildet sind und nun über dem Ostseespiegel liegen. An der deutschen Küste fehlen diese. Hier haben wir im Alluvium die Sand- und Schlickabsätze der Flüsse, den vom Meere ausgeworfenen Sand des Strandes, die entsprechenden Absätze der Binnenseen, die Humus-, Moor- und Torf-Böden und die unter diesen vielfach vorkommenden Wiesenkalke, Wiesenmergel, Diatomeenerden und Raseneisensteine sowie die Dünen.

Dass auch Torf, sobald er durch Sandmassen zusammengedrückt wird, zu einem Gestein wird, an welchem die Meereswellen nagen, zeigt Abb. 4 von der pommerschen Küste bei Leba.

§ 7.

Die Gesteine des Nordseebeckens. Nach dem Vorhergesagten kann dies Becken viel kürzer behandelt werden. Die norwegische Küste besteht zumeist aus krystallinen Gesteinen, namentlich Gneiss und Schiefern; in der Umgegend von Christiania aus Cambrium und Silur, welche, im Vergleich zum Ostseebecken, ärmer an Kalk und reicher an thonigen Gesteinen sind.

Die britische Nordseeküste zeigt krystalline Silikatgesteine in Schottland und Silur im südlichen Schottland. Das Devon, welches der westlichen Ostsee fehlt, erscheint im südlichen Schottland wieder, aber in veränderter „Facies", nämlich als eine kilometermächtige Folge von Conglomerat- und Sandsteinbänken, welche sämtlich auffallend braunrot gefärbt sind und im Hinblick darauf „Old red Sandstone" oder kurz „Old red" genannt werden. Sie sind berühmt durch die eingeschlossenen Reste merkwürdig gestalteter Fische und uralter Pflanzen. Das Carbon ist in Schottland und England kilometermächtig entwickelt. Auf seinem Steinkohlenreichtum beruht ein grosser Teil der britischen Industrie. Für Dünenbildung kommen seine Sandsteine, Schieferthone,



Abb. 5. Nordwestspitze der Insel Helgoland im Jahre 1876.

Thoneisensteine, Conglomerate und Kalke wohl sehr wenig in Betracht. Dasselbe gilt von dem britischen Perm, welches aus Lower New Red Sandstone (roten, dem deutschen Rotliegenden entsprechenden Sand-

steinen und Letten) und Magnesian Limestone (also Zechstein-Dolomit) aufgebaut ist. Die britische Trias besteht vorwiegend aus roten Thonen, Sandsteinen und Mergeln und findet ihre Vertretung auf deutschem Gebiete in den roten Gesteinen von Helgoland, Stade in Hannover und Lieth bei Elmshorn in Holstein. Hier ist rotes Gestein 1000 m mächtig und stellt vielleicht ein Verbindungsglied mit den ähnlichen Gesteinen Ostpreussens her.

Auf Helgoland sieht man (Abb. 5) die Schichten des roten Triasgesteins ausserordentlich deutlich geschichtet, doch nicht, wie im Samlande, fast horizontal, sondern in geneigter Schichtenlage und mit steilgestellten Bruchflächen. Solche Lagerung beherrscht sehr viele Formationen in der Umgebung der Nordsee wie des westlichen Teils der Ostsee, während anderwärts mannigfach gefaltete Schichten vorkommen.

Bei geneigter Schichtenlage müssen selbstredend am Meeresgrunde schon in geringer Entfernung ganz verschiedene Gesteine hervortreten: die weichern werden Rinnen bilden, die härtern als unterseeische Klippenreihe der Meeresfläche nahekommen. Das rote Gestein der Hauptinsel von Helgoland gehört zum Buntsandstein, also zur untern Trias. Seiner Schichtenstellung entsprechend sinkt es nach NO bald unter den Meeresgrund hinab. Nun folgen eine NW—SO gerichtete Klippenreihe des darüber lagernden Muschelkalkes, darüber rote Thone und Kalke des untern Keupers; darüber sämtliche Hauptstufen der untern und obern Kreide und über dieser Diluvium mit nordischen Geschieben — nirgends zu Tage tretend und doch die fast ausschliessliche Quelle für den Aufbau der Düne von Helgoland.

Die Hauptinsel und die Düne bezeichnen mithin die ältesten und die jüngsten Schichten von Helgoland und der zwischen beiden liegende Ankergrund (Abb. 6) besteht aus sehr verschiedenartigen Schichten, die teils hinabgesunken, teils wegen ihrer Weichheit ausgewaschen sind.

Die Juraformation tritt an der deutschen Nordseeküste nicht hervor, wohl aber in grosser Ausdehnung an der englischen; sie besteht vorwiegend aus Kalksteinen mit Einlagerungen harter, zum Teil eisenreicher Thone.

Kreideformation ist namentlich im südöstlichen England stark verbreitet und ihre oberste Stufe, die weisse Kreide, bildet weithin den Strand bei Dover und in Norfolk.

Vom Tertiär sind alle Hauptstufen im südlichen England wie in Belgien vertreten, während für die deutsche Nordseeküste nur das Miocän in Betracht kommt.



Abb. 6. Die Düne von Helgoland, vom Oberlande der Hauptinsel aus. (Nach einer Aufnahme des Hofphotographen F. Schensky in Helgoland.)

Fast alle Schichten des Tertiärs im Nordseebecken sind weich und leicht zerstörbar, thonig oder sandig, meist mit Kalkbeimischung und reich an Muscheln und Schnecken.

Im Diluvium reichen die aus dem Ostseebecken beschriebenen Schichten und Gesteine durch Dänemark und Schleswig-Holstein bis zur Nordseeküste, wo sie auf der Insel Sylt (Abb. 7) auf Miocän lagern, erfüllen westlich der Elbe nur noch in geringerer Mächtigkeit den Boden Nordwestdeutschlands und den Untergrund der Nordsee und erreichen ihren Westrand in den Niederlanden etwa an der

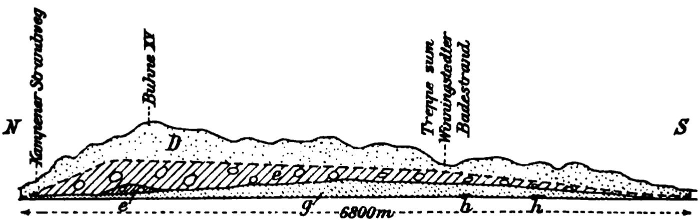


Abb. 7. Geolog. Längsprofil des Roten Kliffs auf Sylt. (Nach Meyn u. Zeise.)

D = Düne
e = Sandiger Geschiebemergel und Geschiebesand } Diluvium
e' = Geschiebemergel
g = Kaolinsand } Miocän
h = Glimmerthon

Mündung des Rheins und in England bei Cromer. In diesem ganzen Ostsee- und Nordseegebiet steht also in dem nordischen Diluvium ein recht gleichartiges Material für die Bildung von Meeressand und für den Aufbau der Dünen zur Verfügung. Weiter westlich wird dies andres. Im grössten Teile Englands ist das Diluvium nicht aus baltischen, sondern aus britischen Gesteinen aufgebaut und ebenso hat der Rhein schon in diluvialer Zeit ein anders geartetes Material aus seinem Stromgebiet herbeigeführt, um daraus sein Delta — die heutigen Niederlande — aufzubauen.

§ 8.

Die Verwitterung der Mineralien. Jede chemische Verbindung, mithin auch jedes Mineral, hat nur Bestand unter gewissen äusseren Bedingungen. Aendern sich letztere über eine gewisse Grenze hinaus, so zerfällt das Mineral und seine Elemente gehen neue Verbindungen ein, welche den veränderten Umständen entsprechen.

Ein spezieller Fall dieses allgemeinen Gesetzes ist die Verwitterung, welche dann eintritt, wenn Mineralien, die in den Tiefen der Erde oder des Wassers gebildet sind, in die Nähe der Erdoberfläche gelangen und dem Wechsel der Witterung unterliegen, insbesondere dem Wechsel

der Temperatur und dem Zutritt von Luft und Wasser nebst den in letzterem gelösten Stoffen.

Die jährliche Temperaturschwankung beträgt in Königsberg in der Luft 53° C., im Boden bei 1 Zoll Tiefe 43°, bei 1 Fuss Tiefe 26°, bei 8 Fuss Tiefe 9,5°, bei 24 Fuss Tiefe 1,8° C.

Atmosphärische Luft dringt bis unter den Grundwasserspiegel hinab. Wohin sie dringt, verwesen die organischen Stoffe zu Kohlensäure und Wasser, die Metalle verrosten und Eisenoxydulverbindungen werden zu Oxyden, demnach graue oder grünliche Gesteine oberflächlich zu gelbbraunen. Gelöst werden vom Wasser Salz und Gyps, im kohlensäurehaltigen Wasser auch Kalkstein, und die im Grundwasser gelöste Kohlensäure zersetzt viele Silikate, d. h. Mineralien, welche Kieselsäure enthalten. Auch Humusstoffe wirken in hohem Grade lösend oder zersetzend auf viele Mineralien, ebenso die Wurzeln lebender Pflanzen, deren Verlauf man noch lange an der Zeichnung der Verwitterungsfläche erkennt.

Von den gesteinsbildenden Mineralien ist namentlich Feldspat in hohem Masse der Verwitterung unterworfen. Kohlensaure Wässer lösen aus ihm einen Teil der Kieselsäure sowie sämtliche Alkalien (Kali und Natron) und den Kalk; als Rest des einst festen, glänzenden Krystalls bleibt Kaolin zurück, weisse, zerreibliche Porzellanerde. Kalknatronfeldspate verwittern schneller als Kalifeldspate. Das gerade Gegenstück ist der Quarz. Zumeist in Tiefengesteinen mit und neben Feldspat gebildet, widersteht er der chemischen Verwitterung vortrefflich, ist auch nicht der für den Feldspat so bezeichnenden leichten Spaltbarkeit unterworfen. Er ist nahezu unlöslich im Wasser und wird fast nur durch mechanische Abrollung allmählich verkleinert, so dass ein Quarzkorn am Meeresstrande schon unzählige Male am Aufbau inzwischen zerstörter Schichten beteiligt gewesen sein mag, während der Feldspat nur wenige Umlagerungen überdauert. Auch die weisslichen Glimmerarten sind recht beständig, zumal die kleinen Schüppchen von bewegtem Wasser leicht getragen und dadurch vor Stössen bewahrt werden. Die braunen und schwärzlichen Glimmerarten werden zunächst gelb und zerfallen dann mehr und mehr. Hornblende und Augit verwittern, jedoch viel langsamer als Feldspat. Da das aus letzterem entstandene Kaolin durch Umlagerung zu Thon wird, so müssen diejenigen Schichten, welche als Endergebnis eines sehr langen und vollständigen Verwitterungsprozesses abgelagert sind, wie z. B. die Braunkohlenbildung, fast ausschliesslich aus Quarz, Thon und spärlichen kleinen Glimmerschüppchen bestehen. Dagegen müssen die Schichten des Diluviums, welche ausser Quarz, Thon und Glimmer auch reichlich Feldspate und in kleinen Mengen alle Mineralien des Ostseegebietes

enthalten, vorwiegend durch mechanische Vorgänge, unter äusserst verringerter Verwitterung, abgelagert sein.

Eine Zwischenstellung nimmt der Glaukonit ein. Er ist am Meeresgrund aus den dort unlöslichen Resten angeschwemmter Silikate gebildet, zum Teil unter Mitwirkung kleiner Organismen. Am Sauerstoff der Luft oxydiert auch er sich, wenngleich langsam.

Am Meeresgrunde findet eine Verwitterung der Mineralien teils nicht, teils in ganz andrer Weise statt.

Das so ungleiche Verhalten der Mineralien muss Einfluss haben auf die Zerstörung der Gesteine, die Menge des neugebildeten Sandes und die mineralische und chemische Zusammensetzung des letzteren.

Wo die Küsten aus festerm, nicht kreideartigem Kalkstein bestehen, wird ein reiner Kalksand ausgespült, der reine Kalkdünen zu bilden vermag, aus denen z. B. die Bermudas-Inseln ausschliesslich aufgebaut sind; auch an der Westküste Australiens finden sich reine Kalkdünen sowie in der Halbinsel Krim bei Eupatoria, wo sie aus Kügelchen eines zerstörten tertiären Oolithes bestehen.

§ 9.

Die Verwitterung der Gesteine. In der Nähe der Erdoberfläche verwittern sämtliche Gesteine (Felsarten). Eine chemische Verwitterung findet überall da statt, wo einzelne gesteinsbildende Minerale verwitterungsfähig sind. Hatten die verwitternden Minerale einen erheblichen Anteil an der Zusammensetzung, so zerfällt das Gestein zu Grus, so z. B. der Granit zu einem bröckligen Haufwerk von Quarzen mit Glimmerschüppchen und einer thonigen Zwischenmasse. In andern Fällen behält das Gestein seinen Zusammenhang und an Stelle der einst eingesprengt gewesenen, jetzt verwitterten Mineralien sind Hohlräume getreten, die mit Luft oder Wasser oder erdigen Resten erfüllt sind. Ist das Gestein plastisch, so können die Hohlräume scheinbar verschwinden, wie in jenen zahlreichen Fällen, wo Mergel durch Entkalkung zu Lehm oder Thon wird.

Die mechanische Verwitterung wird durch den periodischen Wechsel der Witterung hervorgebracht. Auf Schichtflächen, in Spalten und Bruchflächen des Gesteins wie in Verwitterungshohlräumen gefriert Wasser und erweitert dieselben. In die erweiterten Spalten fallen nach dem Auftauen Sandkörnchen hinab oder Wurzeln strecken sich vor und der nächste Winter beginnt das Spiel von neuem. Auch die Erhitzung der Oberfläche durch Sonnenstrahlen vermag gewisse Steine, z. B. die Feuersteine der libyschen Wüste, zu zersprengen.

Besonders der Wechsel des Grundwasserstandes und der Bodenfeuchtigkeit befördert die Verwitterung. Schon Abb. 1 zeigte, wie

verschiedene Gesteinsschichten meist verschiedene Böschungswinkel annehmen. Dieser Winkel wechselt auch mit dem Feuchtigkeitsgehalt. So z. B. kann trockner Thon und Thonmergel in senkrechten Wänden abstürzen; wird derselbe aber nass, so fliesst er in Schlammströmen oder grössern rutschenden Massen am Abhang herab. Umgekehrt hat feiner Sand im feuchten Zustand einen gewissen Zusammenhalt, der beim Austrocknen völlig verloren geht. Da nun grobe Sande ihr Bodenwasser schneller abgeben als feine und diese schneller als Thone, so folgt, dass mit dem nach Jahreszeiten wechselnden Feuchtigkeitsgehalt abwechselnd die eine und die andre Schicht den steileren Böschungswinkel annimmt; und da die Schichten sich gegenseitig tragen, so entsteht daraus ein abwechselndes Herabrieseln und Herabstürzen derjenigen Gesteinsteile, denen ihre Unterlage durch den Wechsel der Feuchtigkeit entzogen worden ist. Beschleunigt wird dieser Vorgang durch herabrieselndes oder hervorquellendes Wasser und durch das Spiel des Windes.

Das langsame, doch unaufhaltsame Rückschreiten kahler Gehänge kann durch Pflanzenwuchs verlangsamt oder fast zum Stillstand gebracht werden, indem die Wurzeln den mangelhaft gestützten obern Schichten festen Halt geben und die oberirdischen Pflanzenteile den Boden vor Wind und vor dem Anprall der Regentropfen bewahren und die Gewalt der Rinnsale hemmen.

Beschleunigt wird das Rückschreiten und somit die Zerstörung der Gehänge durch deren Unterspülung, welche von den Wellen des Meeres, den Fluten der Ströme, Flüsse und Bäche wie der Regen- und Schneeschmelzwässer herrührt. Aber keineswegs ist, wie man oft meint, diese Unterspülung die alleinige Ursache der Gesteinszerstörung. Alle genannten Kräfte, deren Wirkungen im einzelnen zu schildern der Raum nicht gestattet, wirken zusammen. Die wesentliche Ursache der Zerstörung liegt in dem fortwährenden zeitlichen Wechsel von Wärme und Wasser sowie in dem örtlichen Nebeneinander verschiedengearteter Schichten oder Stoffe.

Dies gilt sowohl von den verhältnismässig leicht beweglichen Gesteinen der deutschen Küsten und des norddeutschen Flachlandes überhaupt, als auch von festern Gesteinen. Nur spielt bei erstern die mechanische, bei letztern oft die chemische Verwitterung die grössere Rolle.

Durch die oberflächliche Zerstörung der Gesteine entstehen neue Bodengestaltungen. Die thaleinschneidende Thätigkeit der Gewässer nennt man Erosion; die kesselauswühlende Thätigkeit der Wasserfälle und Wasserwirbel Evorsion; die schichtenabhobelnde Thätigkeit der Küstenmeere Abrasion; die durch Gesteinszerstörung

erfolgte Erniedrigung grösserer Landflächen Denudation und die entsprechende abtragende Thätigkeit des Windes Deflation.

§ 10.

Erosion an Steilküsten. Dort, wo das Land vom Meer abgenagt wird, entsteht ein Steilrand. An den Steilküsten im engeren Sinne, wie z. B. der Fjordküste Norwegens, fällt die hunderte von Metern hohe Felsenböschung steil bis zu grosser Meerestiefe hinab.

Die deutschen Küsten, welche nur von flachen Meeren bespült werden, besitzen diese typischen Steilküsten nicht, sondern Kliffküsten, deren Steilböschung nach oben mit einer Kante abschliesst, während sie von dem sanfter abfallenden Meeresgrund durch eine schmale, fast ebene Vorstufe, den Strand, getrennt ist, welcher von den Meeresfluten zeitweilig überschwemmt wird, bei gewöhnlichem oder niederm Wasserstande aber trocken liegt.

Abb. 8 giebt ein Beispiel der deutschen Kliffküste. Bei Warnicken an der samländischen Nordküste ist in dem Abb. 3 S. 8 gegebenen Schichtenprofil besonders der Geschiebemergel e mächtig entwickelt. Man sieht im Bilde teils steilere Böschungen anstehender Diluvialschichten, teils darunter die sanfter geneigten Schutthalden der abgestürzten Massen, in denen stellenweise noch Bäume wurzeln, die einst hoch oben wuchsen. Wenn bei Stürmen die Wellen den flachen Strand überspülen, werden die Schutthalden, mögen sie selbst aus haushohen Massen bestehen, unterwaschen und ausgewaschen, so dass immer neue Teile der Halde nachrutschen, bis schliesslich die anstehende Schicht so weit aufgedeckt wird, dass ein neuer grösserer Sturz erfolgt. In den Zeiträumen zwischen diesen grössern, teils aus trocknen Bodenmassen, teils aus Schlammströmen bestehenden Abstürzen erfolgen zahllose kleinere und ein langsames Herabrieseln von Sand und Schlamm im Spiel der Winde wie des Regen- und Schmelzwassers. Thon, Sand und kleine Geschiebe schwemmen die Meereswellen hinweg, nur die grössern Gesteinsblöcke (erratische Blöcke) bleiben als letzte Reste des Geschiebemergels wie der gesamten zerstörten Schichtenmassen liegen und bedecken den Strand. Dort brechen sie die Gewalt der Wellen, ohne doch die Küste völlig vor diesen beschützen zu können. Denn zu Zeiten, wenn die Wellen hoch gehen, lassen diese zwar die grössern Blöcke auf dem Strand zunächst völlig unbewegt dort liegen, wohin sie gefallen. Aber die rücklaufende Welle bricht sich an den Blöcken und spült neben oder unter denselben kleine Rinnen aus, welche bald wieder verschwinden, um in ähnlicher Form von neuem zu entstehen, und da der Block sich nicht heben, wohl aber bei ungenügender Unterlage sinken kann,



Abb. 8. Strand bei Warnicken. (Nach einer Aufnahme von H. Thorun in Königsberg.)

so sinkt er im Lauf der Jahre langsam und unaufhaltsam tiefer, bis weit draussen im Meer ein Steinriff die Stelle anzeigt, wo einst ein steiniger Strand gelegen.

Dabei beschützt der Block seine unmittelbare Unterlage insoweit, dass wenigstens die darin etwa enthaltenen kleinern Steinchen und Muscheln für längere Zeit vor Abschwemmung bewahrt bleiben. So findet man z. B. an der Kliffküste von Norfolk unter den Blöcken zahlreiche Muschelschalen, die letzten Ueberbleibsel zerstörter Pliocän-Schichten.

Grosse Blöcke aus Gneiss, Granit und ähnlich harten Gesteinen werden nur sehr langsam verkleinert, und zwar im Meer weder durch die Verwitterung, noch durch die mechanische Kraft des Wassers, sondern durch die vom Wasser bewegten Sandkörner und kleinern Geschiebe.

Kleinere Blöcke werden wie Bälle von den Wellen herumgeworfen und dadurch so abgerollt, dass sie schliesslich die Gestalt von Ellipsoiden annehmen.

Kalksteine werden wegen ihres höhern Eigengewichts bei gleicher Grösse etwas schwerer bewegt, aber wegen ihrer geringen Härte sehr schnell abgerollt; noch schneller werden Sandsteine abgerollt; am schnellsten die harte Kreide, welche ein sehr geringes spezifisches Gewicht hat und wegen ihrer Sprödigkeit ebenso wie der Feuerstein schon bei schwachen Stössen zerspringt.

Wie viel Sand an Erosionsküsten dem Meer zugeführt wird, zeigt folgende Betrachtung: Nach Abzug der grössern Geschiebe (deren ungefähre Menge Abb. 8 veranschaulicht) enthalten in Westpreussen (und ganz ähnlich im übrigen Norddeutschland) nach den vom Verf. berechneten Mittelwerten aus den Analysen der Geologischen Landesanstalt in Gewichtsprozenten:

Die Diluvialschichten	Grand	Sandkörner im Durchmesser von					Staub	Thonartige Teile
	über 2 mm	2–1 mm	1–0,5 mm	0,5–0,2 mm	0,2–0,1 mm	0,1–0,05 mm	0,05–0,01 mm	unter 0,01 mm
Geschiebemergel	3,9	2,2	5,6	13,4	18,5	14,3	16,4	25,7
Diluvialgrand . .	63,9	4,3	8,9	9,0	6,1	2,2	1,8	3,8
Diluvialsand . .	3,0	1,5	6,5	32,4	41,6	12,0	2,5	0,5
Mergelsand . . .	—	—	—	1,3	22,6	37,6	25,7	12,8
Thonmergel . .	—	—	—	1	7	10	18	64

Da der Dünensand aus Körnern von 0.2 bis 2,0 mm Durchmesser besteht, nur ausnahmsweise aus solchen von 0,1 mm, so ergiebt sich, dass bei der Auswaschung des Diluviums im Durchschnitt

der Geschiebemergel	21,2,	höchstens	39,7	Prozent
„ Diluvialgrand	22,2,	„	28,3	„
„ Diluvialsand	40,4,	„	82,0	„
„ Mergelsand	1,3,	„	23,9	„
„ Thonmergel	fast nichts,	„	8,0	„

Dünensand liefern können. Die angegebenen Höchstwerte beziehen sich auf Dünen von einer überaus feinen, aus Deutschland kaum bekannten Korngrösse. Auch sind die durch die Analyse im Thonmergel nachgewiesenen geringen Sandmassen zumeist konkretionär, mithin zerreiblich und ungeeignet zur Bildung von Dünensand. Anderseits kann grober Diluvialsand recht wohl 82 Prozent Dünensand liefern, unter Umständen vielleicht fast 100 Prozent.

Im Tertiär und in den ältern Schichten liefern die Thone, Letten und Thonmergel fast keinen Dünensand; die feinsten Quarzsande, Formsande und Glimmersande der Braunkohlenbildung sind wenig geeignet zur Dünenbildung; ebenso die feineren Grünsandmergel der Kreideformation Dagegen liefern gröbere Sande des Tertiärs und der ältern Formation sowie die Sandsteine bei ihrer Zerstörung fast 100 Prozent Flugsand. Weisse Kreide verschwindet, ohne eine andere Spur zu hinterlassen als einen Strandwall von Feuersteinen, welche sich abrollen, aber wegen ihrer Sprödigkeit nur geringfügige Mengen von Flugsandkörnern liefern.

Der ungleiche Anteil, welchen verschiedene Küstengesteine an der Bildung des Meeressandes haben, wird recht deutlich bei der Betrachtung von Helgoland (Abb. 5 und 6). Das rote Mergelgestein der Hauptinsel bedeckt zwar nach dem Herabstürzen auch dort in kleinen und grossen Bruchstücken den schmalen flachen Strand. Aber in der Flutwelle, welche diesen täglich zweimal überschwemmt, zerfallen die Stücke rasch und ihr roter Schlamm verschwindet in den Tiefen, ohne Dünensand zu liefern. Auch der Muschelkalk und die Kreide der Aussenklippen liefern nur wenig Material für die Düne, welche ganz vorzugsweise aus dem Sande ausgewaschener Diluvialschichten gebaut ist, deren nordische Geschiebe nebst den Geschieben des Muschelkalkes und der Kreidegesteine zahlreich am Strande der Düne liegen.

Von grossem Einfluss auf die Erosion ist die Stellung der Gesteinsschichten.

Bei geneigter Schichtenlage (Abb. 5) werden die Schichtenköpfe in ganz anderer Weise erodiert als die Schichtenflächen. Letztere begünstigen Rutschungen, namentlich wenn einzelne Schichtenbänke thonig oder glimmerreich sind. Bei geneigter Schichtenstellung können demnach benachbarte, nach verschiedenen Himmelsrichtungen laufende Küsten grosse Verschiedenheiten aufweisen in der Einzelgestaltung,

der Art und Schnelligkeit der Erosion, der Art und Schnelligkeit des Absatzes von Sand und andern Sedimenten. Auch die oft steilgestellte, die Schichtung schräg durchschneidende Zerklüftung der Gesteine (Abb. 5) ist von grosser Bedeutung für den Gang der Erosion. Sie tritt auch in massigen Gesteinen fast allgemein auf. Noch verwickelter werden die Erscheinungen, wo die Schichten gefaltet sind.

Die in einer Gegend herrschende Schichtenlage lässt sich auf den geologischen Karten an dem Verlauf der Formationsgrenzen erkennen. Doch finden sich örtliche, auf gewöhnlichen Karten nicht zum Ausdruck gelangende Schichtenstörungen häufig, sogar an den Ostseeküsten, wo sie namentlich auf den Inseln Rügen und Moen eingehend untersucht worden sind.

Das Mass der Erosion ist an den einzelnen Küsten ein sehr verschiedenes. Es wechselt nach der Art, Mächtigkeit und Lagerung der Gesteine, deren Struktur und Richtung zur Küstenlinie, dem Auftreten oder Fehlen von Ebbe und Flut, der Feuchtigkeit, der Pflanzendecke, der Häufigkeit, Stärke, Richtung und zeitlichen Verteilung der Winde, den Temperaturschwankungen und dem Wechsel der Meeresströmungen, welche den beweglich gewordenen Sand und Schlamm bald rasch hinwegschaffen, bald in der Nähe zu Sandbänken häufen, an denen sich die Wellen brechen. Im Laufe der einzelnen Jahre und Jahrhunderte wirkt an demselben Küstenpunkt die Erosion ganz verschieden stark. Das Mass des jährlichen Zurückweichens der Küstenlinie betrug beispielsweise

an dem niedrigsten (etwa 5 m hohen) Teile der Diluvialküste des Samlandes bei Cranz	(nach Berendt)	1,8 m
„ „ 16—20 m hohen Diluvialküste Pommerns zu Hoff bei Kolberg	(„ Lehmann)	0,42 „
„ „ 12—20 m hohen Diluvial- und Tertiärküste zu Jershöft	(„ „)	0,5--1 „
„ „ hohen Diluvial- und Kreideküste von Norfolk bei Cromer	(„ Reid)	2 „
„ „ Kreideküste der Normandie	(„ de Lambardie) mindestens	0,3 „

An hohen Felsenküsten, namentlich von Massengesteinen, sinkt das Horizontal-Mass der Erosion auf ein Minimum herab. An der Küste Norfolks sah ich im Jahre 1888 unten am Strande herabgestürzte Mauerreste eines nicht allzu alten Baues, die von dem raschen Vorrücken des Meeres Zeugnis ablegten.

Nach Marchal werden an der französischen Kanalküste auf einer Strecke von 338 km jährlich 5 424 000 cbm Gestein zerstört. Das

ergiebt auf das Kilometer etwa 16000 cbm oder 16 cbm auf das laufende Meter, was dem jährlichen Zurückweichen um 1,6 m einer 10 m hohen Küste entspräche. Diese Ziffern können nur eine ungefähre Vorstellung von der Ordnung der Werte geben, um welche es sich handelt. Im einzelnen schwankt das Mass örtlich und zeitlich ganz bedeutend.

§ 11.

Die Abrasion des Meeresgrundes. Am Meeresgrunde ist die chemische Verwitterung ganz anders geartet als an der Luft und wahrscheinlich meist viel geringer. Dennoch fehlt sie nicht völlig. Die Sauerstoffmenge ist dort, wo im Plankton (den schwebenden organischen Körperchen) die tierischen Anteile überwiegen, zwar meist gering, aber dort wo das pflanzliche Plankton überwiegt, verhältnismässig gross. Oxydierende Wirkungen sind also selbst am Meeresgrunde nicht ausgeschlossen, zumal auch salpetersaure Salze vorkommen. Kohlensäure ist oft in grosser Menge gelöst und kann unter dem Drucke mehrerer Atmosphären lösend und zersetzend wirken; Schwefelwasserstoff erfüllt die Tiefen des Schwarzen Meeres. Chloride und Sulphate sind in jedem Meerwasser gelöst. Auch am Meeresgrunde unterliegen demnach Gesteine einer Zersetzung, welche indes in ihren Einzelheiten noch nicht untersucht worden ist. Als eine der mineralischen Neubildungen, welche am Meeresgrunde entstehen können, wurde bereits oben der Glaukonit erwähnt. Dieser entsteht z. B. in Westindien noch jetzt, während die an deutschen Küsten massenhaft vorkommenden Glaukonitkörnchen schon in längst vergangener Vorzeit (zumeist Kreidezeit) im Meer gebildet sind und jetzt nicht neugebildet, sondern umgelagert werden.

Auch Tiere, zumal Bohrmuscheln und Bohrschwämme, greifen die Gesteine des Meeresgrundes an. Fast jedes der am Strande der Helgoländer Düne liegenden Muschelkalkgeschiebe ist oberflächlich von ausgehöhlten Gängen durchzogen, in denen Seetange, zumal Laminarien haften. Die grosse Stossfläche, welche diese Pflanzen den Meereswogen bieten, bewirkt, dass mit ihnen Geschiebe an den Strand gehoben werden, welche ohne dies in den Tiefen liegen bleiben würden. Doch beschränkt sich diese Wirkung der Pflanzen und Tiere auf geringe Meerestiefen. Auch der Bernstein Ostpreussens wird stets gleichzeitig mit Seetang (Fucus vesiculosus) ausgeworfen; doch beruht das wohl vorzugsweise auf der Aehnlichkeit der spezifischen Gewichte, welche beim Bernstein von 1,050 bis 1,096 schwanken, mithin gleich dem Seetang das Gewicht des Seewassers nur ganz unbedeutend übersteigen, so dass grosse Stücke fast wie Sandkörner im Wasser schwebend

bewegt werden können. Auf noch geringere Meerestiefen ist — abgesehen von den Polargegenden — die Wirkung des Eises beschränkt. Immerhin vermittelt dieses selbst in gemässigten Klimaten am Strande eine Hebung und damit eine seitliche Verschiebung grösserer Steine.

Am Meeresgrunde fehlt die gesteinsprengende Wirkung des Frostes, welche zur gewöhnlichen Verwitterung so viel beiträgt; es fehlt der lösende Wechsel fortwährender Temperaturänderungen; es fehlt jene bewegende Kraft, welche aus dem häufigen Wechsel des Feuchtigkeitszustandes der Oberflächen-Gesteine hervorgeht.

Dafür wirkt ununterbrochen die stossende Kraft des Wassers. Die Stosskraft der Meereswellen nimmt mit der Tiefe rasch ab, und zwar um so rascher, je kürzer die Periode und Länge der Wellen ist. Selbst bei den grössten Oceanwellen von 156 m Länge und von 10 Sekunden Periode beträgt sie, die oberflächliche Stosskraft gleich 1 gesetzt, bei 2 m Tiefe nur noch 0,85, bei 10 m Tiefe noch 0,45, bei 20 m Tiefe 0,20, bei 50 m Tiefe 0,018 und bei 100 m Tiefe 0,0003. Demnach wirkt die Brandung am Strande heftiger als in der Tiefe. Eine 10—20 m tief sich sanftwellig einsenkende, dann schneller abfallende Fläche ist demnach das Ergebniss der Brandung.

Hierzu kommen Meeresströmungen, die an keiner Küste fehlen und deren Wirkung z. T. etwas tiefer hinabreicht. An der deutschen Ostseeküste läuft die Küstenströmung der gewöhnlichen Windrichtung entsprechend vorwiegend von West nach Ost. Dreht der Wind durch Norden nach Osten, so tritt ein Rückstau ein, die Küstenströmung lässt den vorher aufgewirbelten Sand sinken und nun verflacht dieselbe den Küstenstreifen der See, erhöht und verbreitert den Strand, bis ein neu einsetzender Weststrom ihn von neuem in Bewegung setzt.

Stürme befördern die Wirkung der Wellen nicht nur dadurch, dass letztere höher werden und tiefer hinab noch merklich stossen, sondern auch dadurch, dass bei Stürmen die Wasser nach einer Küstengegend drängen, um später mit oft grosser Gewalt wieder zurückzuströmen. Diese Wirkung wird dort am gewaltigsten, wo randliche Meeresteile nur durch schmale Strassen mit dem offenen Meere verbunden sind.

Täglich zweimal wiederholt sich dieselbe Erscheinung an denjenigen Meeren, welche Ebbe und Flut (Gezeiten) besitzen.

An den nordfriesischen wie an den ostfriesischen Inseln (vergl. deren Karten im VII. Abschnitt) steigt täglich zweimal die Flut zwischen je zwei Inseln hindurch in das dahinter gelegene Watt, um zweimal in sich flussartig vereinenden Rinnen durch dieselben Pforten wieder hinauszuströmen. An diesen schmalen Pforten entstehen Kolke von 10—20 m, in einzelnen Fällen bis 35 m Tiefe;

diese „Gezeitenkolke“, welche für alle ähnlich gestalteten Küsten bezeichnend sind, laufen sowohl nach dem Watt, wie nach dem offenen Meere zu in flache Rinnen aus, welche in Entfernungen von mehreren Kilometern unmerklich in den oberen Abrasionsflächen des Meeresbodens verschwinden.

Wellen und Meeresströmungen zerschleifen die Felsen und grösseren Blöcke des Meeresgrundes nicht unmittelbar, sondern durch das Schleifen des Sandes und durch die Stosskraft derjenigen Geschiebe, welche noch vom Wasser bewegt werden können.

Die Menge der bewegten Sandkörner und Geschiebe ist viel weniger von der Stosskraft des Wassers an sich abhängig als von dem Wechsel dieser Stosskraft nach Richtung oder Stärke. Bei ganz gleichmässiger Strömung stellt sich bald ein Beharrungszustand ein, in welchem die Sandkörner des Bodens nicht oder nur sehr wenig bewegt werden.

Wie in ruhender Luft und ruhendem Wasser jeder Sand einen natürlichen Böschungswinkel einnimmt, welcher dem Grenzwert für das Rollen und Gleiten der Körner entspricht, so entspricht auch jeder Geschwindigkeit bewegten Wassers ein — natürlich sehr flacher — Winkel, über welchen hinaus Sand von bestimmter Beschaffenheit (spezifischem Gewicht, Grösse, Gestalt und Reibungs-Coëfficient der Körner) nicht mehr gehoben wird. Jeder Änderung der Wassergeschwindigkeit entspricht ein anderer Winkel. Beschleunigt sich also die Strömung zeitweise, so wird ein neuer Beharrungszustand angestrebt und bald herbeigeführt werden.

In viel höherm Masse ist dies der Fall, wenn die Richtung einer Strömung sich ändert, weil dann die angestrebte Beharrungsebene die bis dahin bestandene im Winkel schneidet und somit schnell zerstört. Solche Veränderungen der Strömungsrichtung treten hauptsächlich ein: langsam durch das Anwachsen ablenkender Sandbänke, schnell und häufig durch das Wechseln der Wasserstände und des Windes, täglich zweimal in den offenen Meeren durch die Gezeiten.

Auch an der gezeitenlosen Ostseeküste bewirken Winde eine Umkehr der Küstenströmung. Beispielsweise kam letztere bei Kolberg in den drei Jahren 1868—1870 an 300 Tagen von Osten, an 524 Tagen von Westen, während sie an 272 Tagen unmerklich war.

Bei jeder Änderung der Strömung werden gewisse, derselben nicht angepasste Teile der unterseeischen Sandböschung gelockert und die dadurch isolierten Sandkörner schweben nun, jedes einzelne der Stosskraft des Wassers ausgesetzt, so lange im Wasser, bis sie an eine Stelle gelangen, wo ihre Fallgeschwindigkeit die Stosskraft der Strömung und der zahllosen kleinen Wirbel überwindet. Die zunächst

über dem Grunde fliessende Wasserschicht ist in solchen Fällen reich mit Sand oder Schlamm belastet. An der holländischen Küste bei Heijst fand Vervey bei ruhiger See in 1 cbm Wasser in Grammen:

	Sand	Schlamm	Sa.
Bei Flut an der Oberfläche . . .	109	1303	1412
1 m über dem Grunde . . .	1094	1861	2955
Bei Ebbe an der Oberfläche . . .	304	1094	1398
1 m über dem Grunde . . .	1062	2980	4042

Bei hoher See soll der Betrag der festen Bestandteile 10—15mal grösser sein. Das Endergebniss der Abrasion ist eine sanftwellige, im grossen fast ebene Abrasionsfläche. Man erkennt diese auf Seekarten an den Ausbiegungen der Tiefenlinien und dem steinigen oder kiesigen Meeresgrunde. Danach hat Verf. für die Küsten Ost- und Westpreussens (Abb. 9 und 15) die Abrasionsflächen zum erstenmale zu entwerfen versucht.

Da der steinige Grund der Abrasionsflächen oftmals wieder von jüngsten Aufschwemmungen überdeckt wird (wie dies unsere Kärtchen namentlich dicht am Strande Samlands und bei Memel zeigen), so können die Umrisse nicht Anspruch auf Genauigkeit erheben. Immerhin geben beide Kärtchen eine ungefähre Anschauung von der Grösse und Lage derjenigen Flächen, durch deren unterseeische Abrasion gewaltige Sandmassen dem Meere zugeführt worden sind und noch heute zugeführt werden.

§ 12.

Grösse der Sandkörner. Für die eigentlichen Dünen ist bezeichnend das Fehlen der Geschiebe wie des Staubes und Thones, mithin der gröbsten und der feinsten Teile. Gerade die mittlern Korngrössen bilden den Dünensand. Die Grobheit des letztern wechselt örtlich sehr.

An der Nordspitze Jütlands fand A. Jessen 1899 bei 21 Analysen der Stranddünen in Prozenten:

Geologisches Kartenblatt		Korngrösse in Millimetern		
		über 0,5	0,5—0,25	0,25—0,05
Skagen	Grenzwerte	0—0,3	73,2—96,4	3,6—26,8
	Mittel	0,03	85	15
Hirshals	Grenzwerte	0—0	29,6—76,4	23,6—70,4
	Mittel	0	49	51
Lökken	Grenzwerte	0—0	30,5—55,1	44,9—69,5
	Mittel	0	43	57

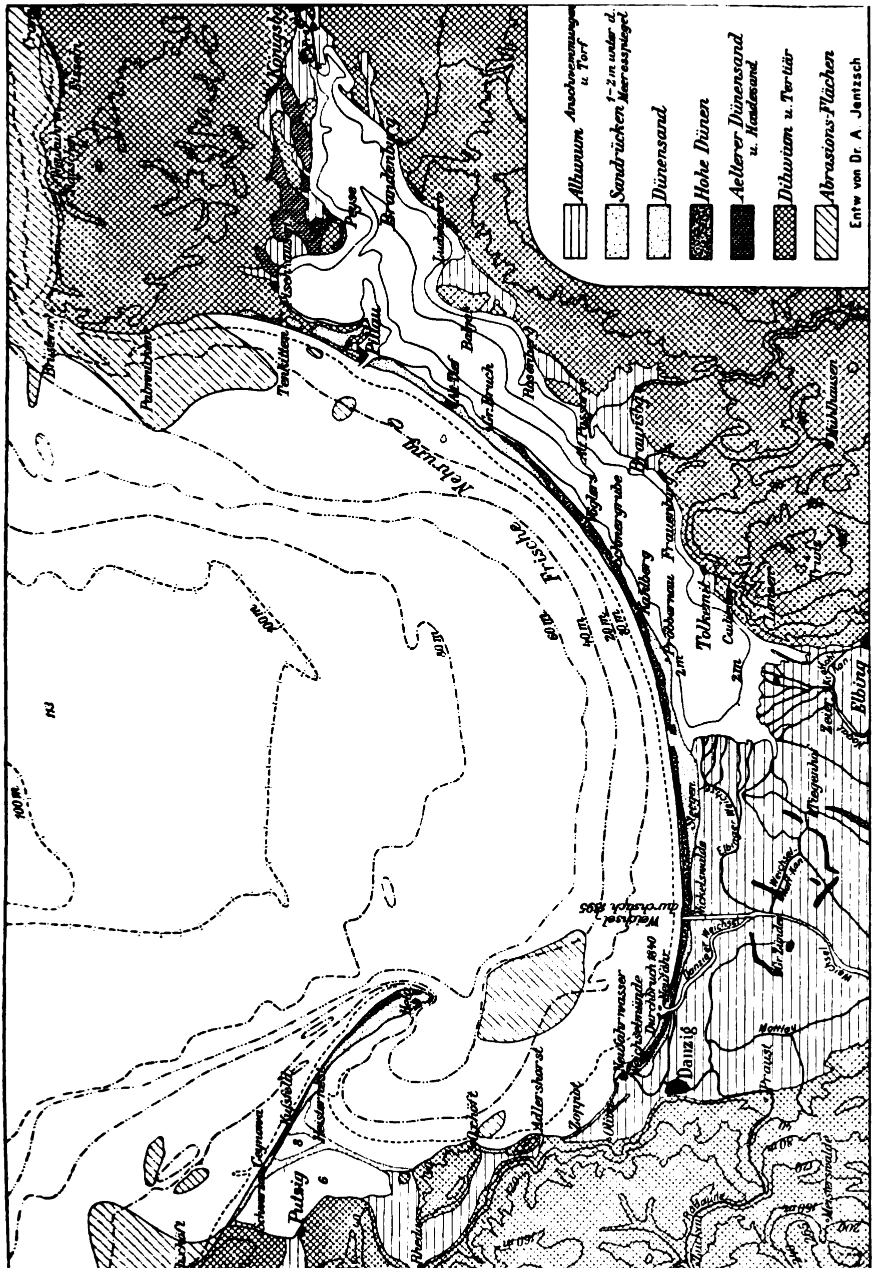


Abb. 9. Karte der Danziger Bucht, Höhen- und Tiefen-Kurven in Metern. 1 : 800 000.

Die Korngrösse der Nordseedünen nimmt also von Skagen südwärts durchschnittlich ab. Doch fand Jessen auf Anholt einen Dünensand, in welchem 91 Prozent der Körner einen Durchmesser von über 2 mm besassen.

An den Dünen des finischen Meerbusens und der russischen Ostseeküste fand Sokolow den gröbsten Sand bei den Dörfern Murila und Lautaranta (halbwegs zwischen St. Petersburg und Wiborg), wo seine mittlere Korngrösse 0,5—0,8 mm im Durchmesser ist, während die Dünen der Narwa-Bucht und von Libau aus sehr feinem Sand von 0,1 bis 0,3 mm zusammengesetzt sind.

In Mecklenburg fand P. Sabban in Prozenten für die Millimetergrössen:

	3—2	2—1	1—0,5	0,5—0,15	unter 0,15
Stranddüne von Warnemünde	—	—	3,15	96,43	0,39
Bei 78 Flugsandproben der südwestlichen Heide Mecklenburgs	0—0,27	0—2,5	0,003—6,1	12,9—93,5	2,8—87,1

Die zu den Flussdünen gehörenden Sande im Innern Mecklenburgs sind also viel ungleichkörniger als die Stranddünen, was auf ihre mehr örtliche Herkunft zurückzuführen ist.

Wessely fand in den Dünen des Banat die Körner im Mittel 0,16 bis 0,3 mm, in der Gegend von Budapest 0,18 bis 0,3 mm; als grösste Körner beobachtete er im Banat solche von 0,6 bis 0,8 mm Durchmesser.

Die von Walther abgebildeten Flugsandproben aus den ägyptischen Wüsten schwanken von 0,1 bis etwa 0,3 mm; am häufigsten sind Durchmesser von 0,2 bis 1,0 mm.

Von mehreren dem Verfasser vorliegenden Flugsandproben der deutschen Küsten erwies sich diejenige von Sylt als die gröbste und zugleich von feinem Sande reinste; dann folgen Sande der Kurischen Nehrung, dann ein Sand der Frischen Nehrung, dann ein Sand von St. Peter an der Nordseeküste westlich von Tönning und als feinster ein Sand von Borkum. Der Sand der benachbarten Insel Norderney gehört ebenfalls zu den feinsten, denn seine mittlere Korngrösse ergiebt sich (nach Wesselys Angaben umgerechnet) zu 0,11 mm Durchmesser. Auch die deutschen Sande schwanken also in den gewöhnlichen Grenzen von 0,1—2,0 mm, zumeist von 0,2—1,0 mm.

In allen Fällen zeigt der Augenschein wie die vergleichende Sieb-Analyse, dass die allergröbsten Körner am Strande zurück-

bleiben, demnach dem Flugsande fehlen, während sie im Strandsande vorkommen.

Im einzelnen ergaben meine Analysen folgende Prozentzahlen:

Ort	Bezeichnung der Sandart	Korndurchmesser in Millimetern				
		über 2 mm	2—1 mm	1,0—0,5 mm	0,5—2,0 mm	unter 0,2 mm
Insel Sylt bei Station 29	Seesand vom äussern Strande	5,8	32,4	35,7	25,5	0,5
	Flugsand von der Höhe der Vordüne	—	0,5	18,2	76,8	4,5
	Flugsand der inneren Düne	—	2,1	14,4	80,4	3,0
St. Peter bei Eiderstedt	Seesand vom Strande, 1 m über ord. Flut .	—	—	—	57,1	42,9
	Flugsand von der Binnenseite der Vordüne in grösserer Tiefe . . .	—	—	—	31,9	68,1
	Flugsand von der Binnenseite der Vordüne, unter der 15 cm starken Heidenarbe, 2 m über ord. Flut	—	1,9	1,4	29,9	66,8
Insel Borkum	Seesand vom Strandwall	—	—	—	52,0	48,0
	Flugsand der Vordüne .	—	—	—	16,6	83,4
	Flugsand der Binnendüne	—	—	—	6,5	93,5
Frische Nehrung bei Nickelswalde	Flugsand a. d. Weichseldurchstich, 4 m über Ostsee, 12—16 m unter der einstigen hohen Düne	—	—	1,7	48,3	50,0

Wesentlich ist nicht nur die mittlere Korngrösse, sondern auch der Grad der Gleichförmigkeit. Die Küstendünen Deutschlands, Dänemarks und der Niederlande müssen sich gegenüber denen vieler andrer Küsten durch eine verhältnismässig starke Mischung verschiedener Korngrössen auszeichnen, weil sie aus sehr verschiedenen Mineralien von ungleichen spezifischen Gewichten bestehen.

Das spezifische Gewicht einer Sandmasse (als Ganzes betrachtet) ist stets kleiner als dasjenige der einzelnen Körner. Denn letztere

lassen zwischen sich Räume, welche mit Luft und Wasser erfüllt sind. Wären alle Körner genau von gleicher Grösse und kugelförmig, so würde das spezifische Gesamtgewicht unabhängig von der absoluten Korngrösse sein. Sobald aber Körner verschiedener Grösse nebeneinander liegen, erfüllen die kleinern Körner einen Teil der zwischen den grössern gebliebenen Lücken und erhöhen somit das spezifische Gewicht. Letzteres ist also, bei gleicher Mineralart der Körner, um so höher, je ungleichmässiger die Körnung ist.

§ 13.

Die Mineralien des Dünensandes. Alle Mineralien, welche das Meer auswirft, finden sich im Dünensande wieder, jedoch in abweichendem Verhältnis. Sie werden um so schneller vom Winde bewegt, je geringer ihr Gewicht im Verhältnis zu ihrer Oberfläche ist. Deshalb werden die dünnen Glimmerblättchen leicht fortgeblasen, vom Winde weithin weggeführt und bleiben im Dünensand nur ganz ausnahmsweise zurück. Der Feldspat ist minder hart als Quarz und spaltet leicht. Deshalb wird er unter dem wechselnden Einflusse von Stoss und Reibung, Hitze und Kälte, Nässe und Trockenheit schnell zu kleinern Körnchen zerteilt, welche als Staub hinwegfliegen können. Je älter also der Dünensand ist, je länger Wind und Wetter mit ihm gespielt haben, um so spärlicher wird darin auch der Feldspat und um so mehr überwiegt der fast unverwüstliche Quarz an Menge alle andern Mineralien. Selbst in den afrikanischen Wüsten, wo die chemische Verwitterung infolge der Trockenheit sehr gering ist, entstehen Dünen nahezu reinen Quarzsandes aus gemeinem Granit, mithin aus einer Mischung von Feldspat, Quarz und Glimmer.

Auch der kohlensaure Kalk, welcher an den deutschen Küsten aus der Zerreibung von Kreide, Muschelkalk und silurischen Kalkgeschieben, wie frischer Muschelschalen, in den Küstensand gelangt, unterliegt schnell der Wegführung als Staub. Dennoch sind die deutschen, dänischen und niederländischen Küstendünen nicht ganz frei von Kalk. Doch wird dieser durch Pflanzen und Grundwasser bald gelöst, fehlt mithin den ältern Dünen.

Diesen gewöhnlichsten Mineralien sind nun 1—5 Prozent andrer, durch dunklere Farbe und höheres spezifisches Gewicht ausgezeichneter Mineralien beigemengt. Wenn am Ufer des Meeres, der Haffe oder Flüsse die Strömung wechselt oder Wellen den Sand umlagern, trennen sich die kleinen, spezifisch schweren Körner von den grössern und spezifisch leichtern und überziehen den gelblichweissen Sandboden mit einer wenige Millimeter dicken Schicht sogenannten Streusands, welcher von weitem schwärzlich oder violett erscheint und bei näherer

Betrachtung sich als eine Mischung schwarzer, metallglänzender Körnchen (zumeist Titaneisen) mit grünlichen (meist Hornblende und Augit), rotem Granat und Feldspat und farblosem Quarz erweist.

Dieser durch Farbe, Feinheit und spezifisches Gewicht ausgezeichnete „Streusand“ oder „Titaneisensand“ (von einzelnen Schriftstellern auch Granatsand genannt) spielt auch im Aufbau der Dünen eine Rolle, da seine Körner sich der Windwirkung gegenüber anders als die gewöhnlichen (gröbern) Quarzkörner verhalten.

Die nähere Feststellung der darin vorkommenden Mineralien erfolgt am besten in der Weise, dass man dieselben nach ihrem spezifischen Gewichte sondert.

Schüttet man Sand in Lösungen von sehr hohem spezifischem Gewicht (Salzschmelzen, Lösungen gewisser Quecksilbersalze, Jodmethylen, Bromoform u. a.), so sinken nur die allerschwersten Mineralien unter, die übrigen schwimmen obenauf. Durch Verdünnung der Lösung oder durch Mischung derselben mit leichteren Flüssigkeiten kann man nochmals die aufschwimmenden Körner in mehrere Gruppen von verschiedenem spezifischem Gewichte sondern.

Retgers und Schröder van der Kolk haben dies zuerst bei niederländischen Dünen ausgeführt und deren Sande in folgende Gruppen zerlegt:

Name und spezifisches Gewicht.	Prozent-Anteil an der Zusammensetzung des Sandes.	Prozentische Zusammensetzung in der Gruppe.
Orthoklas-Gr. 2,50—2,60	3,23	Orthoklas 21, Quarz 79.
Quarz-Gruppe 2,60—2,70	83,64	Fast reiner Quarz.
Calcit-Gr. 2,70—3,00	7,74	Carbonate 40 { Kalkcarbonat 91,1, Magnesiumcarbonat 1,6, Eisencarbonat 7,3.
Amphibol-Gr. 3,00—3,30	1,46	Meist Hornblende mit 1 Prozent Apatit.
Pyroxen-Gr. 3,30—3,60	1,10	Meist Augit.
Granat-Gr. 3,60—4,20	2,70	Meist Granat.
Eisenerz-Gr. 4,20—5,20	0,13	22 pCt. Zirkon, das übrige zumeist Ilmenit (Titaneisen) und Magneteisen.

Ausser den genannten Mineralien wurden in geringern Mengen noch gefunden: Cordierit, Aktinolith, Smaragdit, Glaukophan, Turmalin, Hypersthen, Epidot, Titanit, Sillimanit, Olivin, Staurolith, Cyanit, Korund, Spinell, Rutil. Die schwersten Mineralien bilden die kleinsten Körner. 1897 hat Sabban mecklenburgische Sande in ähnlicher Weise untersucht, jedoch alle das spezifische Gewicht 2,88 übersteigenden als „schwere Mineralien“ zusammengefasst. Letztere betrugen:

In mehreren Diluvialsanden etwa .	0,8—2,0	Prozent
Im Strandsande von Heiligendamm	3,90	„
Im Dünensande von Warnemünde	0,98	„
In 45 Flugsanden der südwestlichen mecklenburgischen Heide . . .	0,31—3,54	„

Er fand darin die meisten oben aufgezählten Mineralien wieder; im Dünensand von Warnemünde waren enthalten:

92	Prozent	Quarz,
5,75	„	Feldspate (Mikroklin, Orthoklas, Plagioklas),
2,66	„	Carbonate und schwere Mineralien, darunter: Magneteisen, Eisenglanz, Granat, Disthen, Hornblende, Aktinolith, Augit, Apatit, Epidot, Olivin, Turmalin, Sillimanit, Magnesiaglimmer und Glaukonit.

Diese beiden Proben mögen für die Zusammensetzung des von Memel bis Skagen und Holland gleichmässig verbreiteten Streusandes, wie des norddeutschen Küsten-Dünensandes überhaupt, genügen. Den norddeutschen Thaldünen fehlen meist die Carbonate bei im übrigen ähnlichem Mineralbestande.

Diese wesentlich gleiche Zusammensetzung hat der Sand aber nur im Gebiete des nordeuropäischen Diluviums; ähnlich mag er an Küsten granitischer Gesteine und krystalliner Schiefer sein. Wo Zufuhr aus solchen Gebieten aber fehlt, da muss auch die mineralische Zusammensetzung des Sandes eine sehr viel einfachere werden.

In jedem Dünengebiet wird man in der Lage sein, aus der geologischen Zusammensetzung eines verhältnismässig engen Ernährungsgebiets unter Berücksichtigung der chemischen und mechanischen Verwitterung und Sonderung die örtlich rasch wechselnde Mineralnatur der Dünen zu erklären. In allen Dünengebieten aber herrscht die Tendenz, leicht zerreibliche Mineralien auszuscheiden, so dass, wo überhaupt Quarzsand beigemischt war, der Dünensand mehr und mehr zum Quarzsande wird.

§ 14.

Untergeordnete, unwesentliche und zufällige Bestandteile der Dünen. Da der Wind keine Geschiebe hebt oder rollt, müssen



Abb. 10. Das rote Kliff auf der Insel Sylt mit Vordünen und Strandbuhnen. (Aufnahme von Gerhardt 1898.)

solche im allgemeinen fehlen. Ausnahmsweise können sie von Natur auf Dünensand vorkommen, wenn dieser, wie z. B. am Roten Klift auf Sylt (Abb. 10) als Vordüne den Fuss eines hohen, steinhaltigen Kliffs umsäumt oder, wie es bei Thaldünen vorkommt, auf flachen Thalstufen an steilere Gehänge sich anlehnt. Vögel oder grössere Säugetiere können gelegentlich ein Steinchen selbst auf hohe Dünen verschleppen. Steine von Faustgrösse und darüber kann nur der Mensch dahin gebracht haben. Auf der Kurischen Nehrung, den friesischen Inseln und in Dänemark z. B. haben sich Spuren von der jüngern Steinzeit wie aus vielen folgenden Jahrhunderten erhalten. Alle diese von Menschen herbeigebrachten Steine zeigen aber eine Auswahl nach Grösse, Gestalt oder Material, weisen auch oft Spuren der Bearbeitung oder des Gebrauchs auf. Daneben finden sich Topfscherben, Metall- und Glassachen als Schutt der Jahrhunderte auf und in alten Dünen. Vögel verschleppen Muschelschalen auf die Höhen der Dünen; dazu kommen Eier und Kot, Knochen von Vögeln und Säugetieren, unter denen der Elch der Kurischen Nehrung besonders bemerkt sei.

Ausser dem Sand schleppt der Wind allerhand leichte, flächenhafte Pflanzenteile, z. B. vertrocknete Zweige, über den kahlen Sand dahin, dünne Muschelschalen, vertrocknete Krebschen, tote Insekten und auch lebende, welche bisweilen bis zu Millionen über die hohen Dünen hinweggeweht und nachher zu hunderttausenden lebend vom Meere an den Strand geworfen werden.

Alle diese zufälligen Beimengungen treten aber an Masse hinter dem Sande völlig zurück und werden (mit Ausnahme der Kulturreste) meist so schnell zerstört, dass sie selten oder nie im Dünenkörper erhalten bleiben.

Das Fehlen von Geschieben ist im allgemeinen das sicherste Kennzeichen zur Unterscheidung der Dünen von andern Sandhügeln, denn die von Menschen absichtlich oder zufällig herbeigebrachten Steine sind schon durch ihre geringe Anzahl als solche kenntlich. Wo die Natur Geschiebe oder Gesteinsbruchstücke auf Sand ausbreitet, da finden sich stets von den grössten, dort überhaupt beobachteten Stücken bis zu den gewöhnlichen Sandkörnern alle Zwischengrössen. Diese feine grandartige Bestreuung ist sehr bezeichnend für die in Norddeutschland grosse Flächen bedeckenden alten Thalsande, auf welchen Dünen als völlig steinfreie Hügel aufgesetzt sind.

§ 15.

Umwandlungen des Dünensandes. Auch der ruhende Dünensand erfährt noch Änderungen durch Auslaugung, Verwitterung, Ver-

kittung oder Schmelzung. Da diese Änderungen aber mit den Strukturen der Dünen zusammenhängen, sollen sie gemeinsam mit diesen später (in §§ 41 und 46) geschildert werden.

C. Gestaltung der Dünen.

§ 16.

Der Strandwall. An jedem sandigen Strande lecken die Wellen (Wogen) mehrere Meter landeinwärts; doch kehrt ihr Wasser nur teilweise in oberflächlichen Rinnen zurück, der Rest versinkt im Sande. So muss ein grosser Teil der von jeder Welle bewegten festen Körper am Saume der Spritzwelle liegen bleiben, dort den Strand erhöhen und somit entlang des Mittelwassers einen weithin fortlaufenden, mehrere Meter breiten Wall aufhäufen, welcher aber nirgend höher werden kann als die höchsten Brandungswogen. Meist bleibt er erheblich unter diesem Masse zurück. Wechseln bei Stürmen oder Gezeiten die Wasserstände oder auch nur die Wellenbewegung, so wird der eben aufgebaute Strandwall wieder zerstört und ein neuer entsteht. Wo ein Strandwall vom Meere angenagt wird, bildet er einen niedern (meist 0,5—1 m hohen) kliffähnlichen Absturz, welcher Diagonalschichtung erkennen lässt. Der äusserste, dem höchsten Wasserstande entsprechende Strandwall enthält das gröbste Material, weil derselbe bei den stärksten Wellen entsteht.

Die Böschung des Strandwalles kann sich bis auf 1 : 4 steigern, z. B. in der Normandie und an der englischen Ostküste, wo den ungewöhnlich hohen Wall kopfgrosse Feuersteingerölle bilden, welche seit der alten Normannenzeit bis heutzutage für grosse und kleine Bauwerke zugehauen werden. Dort erreichen die Wälle 5 m Höhe. Der bekannteste Küstenwall Deutschlands, der Heilige Damm in Mecklenburg, ist etwa 2,5 m hoch. Hohe Blockwälle bis zu 2 oder 3 m Höhe finden sich in geringfügiger Ausdehnung an manchen der kleinen Vorsprünge unserer Ostseeküste. Gewöhnlich ist die Böschung viel flacher. Bei Grand und Kies beträgt sie etwa 1 : 10; am sandigen Strande beträgt sie bei Calais 1 : 50 bis 1 : 100; im Golf de Lion 1 : 115, in der Ostsee und am Schwarzen Meere 1 : 57 bis 1 : 20, selten 1 : 10, in ganz seltenen Ausnahmefällen bis 1 : 7.

Abb. 11 giebt ein bezeichnendes Profil des Strandes von der Insel Sylt. Zunächst dem Wasser des Meeres sieht man den auf dem Bilde durch das Wort Strand bezeichneten Strandwall, hinter welchem zumeist eine flache Rinne sich ausbildet. Die landseitige Böschung dieses Walls ist wie überall steiler als die see-

seitige. Letztere ist, wo sie nicht mit flachen Geschieben pflasterartig bestreut ist, eine glatte Sandfläche, in deren höheren Teilen jede versickernde Welle Luftbläschen austreibt, welche den Sand wie ein feines Sieb durchlöchern.

Einzelne Wellen schiessen über die gewöhnliche Grenze zungenförmig hinaus und hinterlassen an dem äussersten, jeweilig von ihnen erreichten Rande den Schaumstrand, ein buntes Durcheinander von Seetang mit Muschelschalen, Sprockholz, totem und halbtodtem Meeresgetier aller Art, wozu an den deutschen und dänischen Küsten noch Bernstein und fuss- bis metergrosse Geschiebe von Torf (Meertorf, dänisch Martörv) treten, der seines geringen Eigengewichts wegen

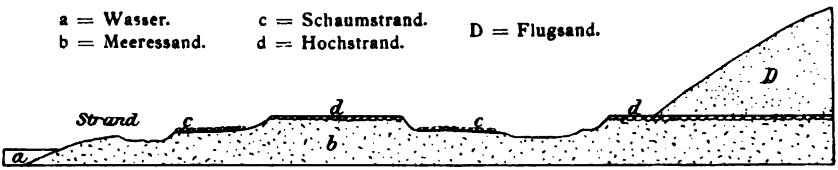


Abb. 11. Strandwall auf Sylt (nach Meyn).

leichter als andere Gesteine vom Wasser bewegt wird. In dem einzigen Winter 1870/71 wurden auf Sylt 400 Fuder gestrandeten Torfs als Brennstoff in die Dörfer gefahren. An der deutschen Ostseeküste finden sich Torfgeschiebe minder massig, aber fast überall.

Der mit flachen Steinen gepflasterte Hochstrand bezeichnet die höchsten Sturmfluten. Er liegt auf Sylt etwa 1,5 m über dem gewöhnlichen, fast ebenen Sandstrande, wird gelegentlich abgenagt und kann dann unter Umständen, wie es unser Bild zeigt, in inselähnlichen Resten aus der Strandebene aufragen. Zumeist lehnt sich der Hochstrand an den Fuss des Kliffs oder der Vordüne. Innerhalb der See häuft die Brandung ähnliche, bis nahe zur Oberfläche reichende Sandbänke auf, welche man Riffe oder Schaare nennt. Sie erstrecken sich als lange Wälle annähernd parallel der Küste und liegen gewöhnlich in mehreren Reihen hinter einander. An ihnen brechen sich die von der hohen See anstürmenden Wogen, benagen sie an der Seeseite, überschütten sie mit Sand an der Landseite und drängen sie so allmählich landwärts, bis ihr Sand und Geschiebe zum Küstenwall wird. In dem tieferen Wasser zwischen den Riffen macht sich neben der Wellenbewegung die Küstenströmung bemerklich, sodass jedes Wasserteilchen eigentlich nicht in Kreisbahnen, sondern in Spiralen schwingt und die durch Wirbel vom Boden gelösten Körnchen entlang der Küste verschiebt. Da hierbei der feine

Schlamm leichter aufgewirbelt wird als der Sand, so ist das Ergebnis, dass er seewärts nach den ausserhalb der Brandung befindlichen grössern Tiefen wandert, während der Sand die ganze Breite der Brandungszone durchwandert und schliesslich zum Küstenwall wird.

Sobald die Wellenhöhe nachlässt (die See abstillt), wird der höchste Kamm des Küstenwalles trocken und nach wenigen Stunden ein Spiel der Winde.

Der Strandwanderer sucht und findet leicht die Grenze zwischen nassem und abtrocknendem Sande, um auf dem eben von der Welle verlassenen Sande einen bequemen Fusspfad zu gewinnen, während sowohl nasser wie trockener Sand die Füsse einsinken lässt. Wagen fahren denselben Weg, mit einem Rad im Wasser; auch Königin Luise benutzte auf ihrer denkwürdigen Reise nach Memel in gleicher Weise den Strandwall der Nehrung.

Bei abstillender See bleiben die am Meeresboden wirbelnden Sandkörner schliesslich liegen und häufen sich dabei in langgezogenen Rücken von mehreren Centimetern Breite und meist wenigen Millimetern, höchstens Centimetern Höhe. Solche Rücken liegen, wo sie überhaupt vorkommen, in sehr grosser Anzahl annähernd parallel hintereinander. Diese Erscheinungen sind seit langem als Rippelmarken (Rippelmarks, Wellenfurchen) bekannt. Man beobachtet sie oft in zu Sandsteinen verfestigten Sanden aller Formationen, z. B. Cambrisch und Buntsandstein. Obwohl hin und wieder zwei Rippelmarken sich berühren, ist doch im allgemeinen ihr Verlauf ein annähernd paralleler, ihr Abstand innerhalb bestimmter Flächenräume ein gleichmässiger.

Nach Ansicht des Verfassers entspricht ihr Verlauf und ihre Anordnung den Schwingungsknoten des schwächsten Wellenganges, welcher zur Bewegung von Körnern der betreffenden Grösse gerade noch ausreichte.

Ist diese Auffassung richtig, so wird die theoretische Hydrodynamik die Messung der Rippelmarken zur Ableitung gewisser Konstanten und zum weitern Ausbau ihrer Theorie verwenden können (vergl. § 21).

§ 17.

Die Hakenbildung. Dort, wo die Küste scharf umbiegt, vermögen die Küstenströmung und der Küstenwall nicht in gleicher Schärfe umzubiegen. Infolgedessen wächst der Küstenwall teils unterseeisch, teils oberseeisch in das Meer hinaus und bildet eine schmale Landzunge, welche die Hauptrichtung derjenigen Kliffküste fortsetzt, aus welcher das Material des Strandwalls stammt. Durch Dünen erhöht, kann dieser die Gestalt einer Küste völlig verändern.

Wiederum bietet die Insel Sylt ein treffliches Beispiel. Auf der Karte (Abb. 12) sieht man sofort, dass der diluviale und tertiäre Kern der Insel nur in dem mittlern, breiten Teil der Insel über das Meer hervortritt, nämlich am Roten Kliff und von dort über Westerland, Keitum bis zum Morsum-Kliff. Die nach Norden und Süden gerichteten schmalen Streifen bestehen ausschliesslich aus den jüngsten Bildungen, nämlich dem Strandwall (zu welchem auch der Hochstrand mitzurechnen ist), der aufgesetzten Düne und dem dahinter abgelagerten Marschboden. Ursprünglich hatte Sylt mithin die Gestalt einer vom Morsum-Kliff über Rotes Kliff weithin in das jetzige Meer von SO nach NW erstreckten breiten Insel oder Inselgruppe. Durch die Brandung wurden die westlichsten Teile zerstört und zwei hakenförmige Ausläufer aufgeworfen, welche nun die Gestalt der Insel auf den Karten als langgestreckt **T**-förmig erscheinen lassen.

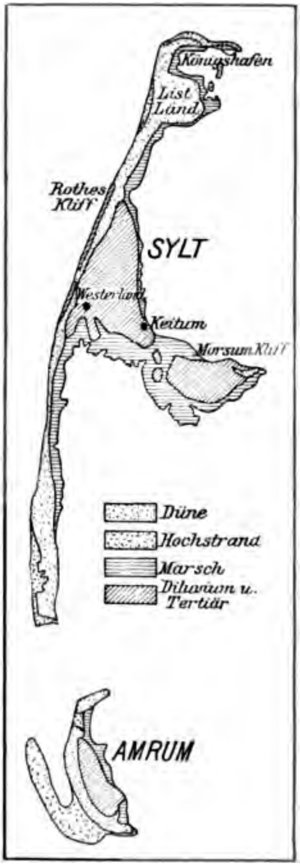


Abb. 12. Massstab etwa 1 : 450000 (nach Meyn).

Hakenbildung ist eine ungemein häufige und verbreitete Erscheinung, wenngleich sie nicht überall so auffallende Gestaltungen wie auf Sylt herbeiführt. Am Schwarzen Meer sind die (auch dort zumeist durch Dünen erhöhten) Haken an der südrussischen Küste typisch entwickelt und als Peressips (Perisipps) bekannt. Sehr reine und schnell fortwachsende Hakenformen zeigen sich an der atlantischen Küste Frankreichs und besonders Nordamerikas von Long Island bis Florida. Skagen, die Nordspitze Jütlands, ist ein 34 km langer Haken, welcher durch Dünen nach Osten verbreitert ist.

Der grossartigste Haken der deutschen Küste ist die Halbinsel Hela (Abb. 9), welche sich von Rixhöft in einer Länge von gleichfalls 34 km nach SO erstreckt. Den Sand dazu hat hauptsächlich die nördlich Rixhöfts dargestellte Abrasionsfläche geliefert.

Während manche Haken sehr schnell fortwachsen, hat sich Hela seit Jahrhunderten nicht oder nur unwesentlich verlängert. Der Grund

ist einfach der, dass bei gleichbleibender Sandzufuhr und gleichbleibender Stosskraft des Wassers das Längenwachstum im Quadrat der Meerestiefe abnimmt. Und da gleichzeitig die Stosskraft des Wassers, insbesondere der Küstenströmung, mit der Verlängerung des Hakens und der Vergrösserung der durch denselben geschützten Meeresbucht zunimmt, so ergiebt sich, dass bald ein Punkt eintreten muss, wo Wachstum und Zerstörung sich das Gleichgewicht halten.

Fortwährend wird aber die Kliffküste von Rixhöft, an welche die Halbinsel sich anlehnt, landeinwärts verschoben, demnach auch die Wurzel der Halbinsel benagt. Der gesamte losgenagte Sand nebst den kleinsten Geschieben wandert nach dem Hakenende und teilweise um dieses herum. So wird das Hakenende verbreitert und die Wurzel der Halbinsel Meeresdurchbrüchen ausgesetzt, welche thatsächlich wiederholt eingetreten und zum Teil künstlich wieder geschlossen worden sind.

Meine Auffassung der Entstehung von Hela ist durch eine 108 m tiefe Brunnenbohrung in Hela völlig bestätigt worden. Auf 50 m tiefem Meeresgrunde hat sich hier aus reinem Sande — nur in der Nähe des Meeresspiegels mit kleinern Strandgeschieben vermischt — ein Sandrücken aufgeschüttet, welcher durch Dünenbildung bis 25 m über das Meer emporgewachsen ist.

Wie bei den Bäumen, so ist auch bei den Haken dafür gesorgt, dass sie nicht ins Endlose wachsen. Die frei ins Meer hinausführenden Haken dürften etwa folgende Stadien durchlaufen: Sie wachsen anfangs sehr schnell, nähern sich dann bald asymptotisch einer Wachstumsgrenze, jenseits welcher eine von Meeresströmungen durchspülte Rinne sich austieft, verbreitern dann ihr Ende, verschmälern ihren Fuss und können dann durchbrochen werden, so dass ihr Ende zur Insel wird, falls nicht die Durchbruchsstelle durch einen neuen Küstenwall sich selbstthätig schliesst. Ein zur Insel gewordenes Hakenende erhält keine Sandzufuhr mehr, worauf sofort die Zerstörung der Insel einsetzt.

Einen solchen Fall können wir z. B. aus der von Sokolow (in Mém. d. Com. geol., Vol. X., Petersburg 1895) veröffentlichten Karte der Limane des Dniepr, Bug und Beresan herauslesen: W. v. Cherson wird die Einfahrt zum Liman des Bug abgeschnürt durch einen an die Küste bei Otschakow anschliessenden kurzen breiten, von N nach SW gebogenen Haken, welchem von der Seeseite her, staffelförmig vorgeschoben, der Haken (Peressip) von Kinburn entgegenkommt, der gradlinig die Richtung SO—NW verfolgt. Ueber seine Wurzel hinweg verlängert sich derselbe nach SO als ein etwa 13 Werst langer Haken, welcher den Meerbusen von Jagorlyk abschliesst und an seinem südöstlichen Ende verbreitert, an seiner Wurzel aber durchbrochen ist.

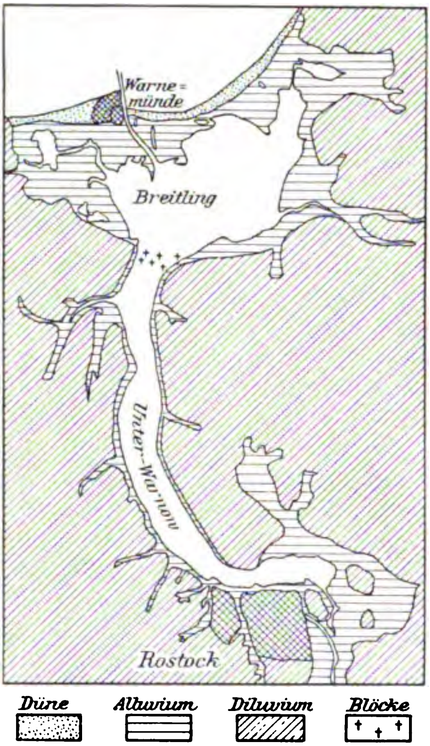


Abb. 13. Die Rostocker Nehrung und das untere Warnow-Thal.
(Nach E. Geinitz.) 1 : 150000.

Weiter südlich zeigt sich ein gegen 60 Werst langer Haken, der von O nach W an der Grenze flachen und tieferen Wassers fast gradlinig gewachsen ist, bis er in tieferes Wasser gelangte, wo er nach Norden umlenkte, um etwa die letzten 10 Werst in Wasser von mehr als 10 m Tiefe vorzurücken. Auch hier ist das dem erstgenannten Haken staffelförmig vorgelagerte Ende verbreitert und trägt ein Leuchtfeuer, während die Wurzel ganz schmal geworden und achtmal durchbrochen ist.

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um das Gesetzmässige der Erscheinung zu zeigen. Analoge Haken werden (s. § 34) durch Winde an Dünenkämmen bewirkt. Die soeben beschriebenen, von Meeresströmungen vorwiegend an Kliffküsten erzeugten mögen daher, zum Unterschiede von den Dünenhaken, als Kliffhaken bezeichnet werden.

§ 18.

Abschnürung von Buchten. Wo die Küstenlinie Einbuchtungen hat, können diese durch hakenförmige Strandwälle (die gewöhnlich noch aufgesetzte Dünen tragen) abgeschnürt werden. Ein zusammenhängender oder nur durch schmale Rinnen unterbrochener Wall schwingt sich dann von Kliff zu Kliff, der, wenn er durch Dünen erhöht ist, Nehrung heisst.

Ins Meer getauchte („ertrunkene“) Flussthäler, welche am Schwarzen Meer als Limane bezeichnet werden, erscheinen zunächst als schmale tiefe Buchten. Sie finden sich in fast allen Weltteilen, so auch an der deutschen und dänischen Ostseeküste als Föhrden, wenngleich sie hier grossenteils bereits durch Flussabsätze ausgefüllt und teilweise durch Nehrungen abgeschlossen sind. In

Abb. 13 zeigt die Rostocker Nehrung diese Erscheinung so klar, dass sie keiner Erläuterung bedarf.

Die Bildung der Nehrungen vereinfacht die Küstengestalt im Verein mit dem Abnagen der Kliffe immer mehr und führt schliesslich zu ganz einfachem, flachbogigem Verlauf, wie er an den preussischen Nehrungen auf jeder Landkarte hervortritt und auch vielfach anderwärts, z. B. von der afrikanischen Mittelmeerküste durch Fischer, beschrieben worden ist.

Inseln werden durch Nehrungen mit dem Festlande oder mit Nachbarinseln verbunden. Die so eigentümliche Gliederung der Insel Rügen (Abb. 14) ist dadurch entstanden, dass eine Gruppe aus Diluvium über einem Kreidekern aufgebauter Inseln an ihrem Aussenrande (Arkona, Stubbenkammer, Granitz, Nordperd, Südperd) zu Kliffküsten abgenagt, gleichzeitig aber durch Nehrungen verbunden wurde, während in den vor Wogenprall geschützten inneren Buchten sich flache Anschwemmungen entwickelten.

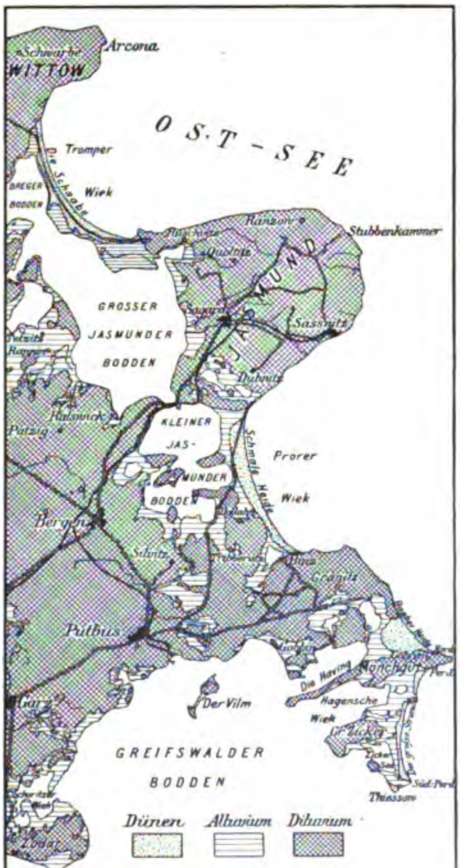
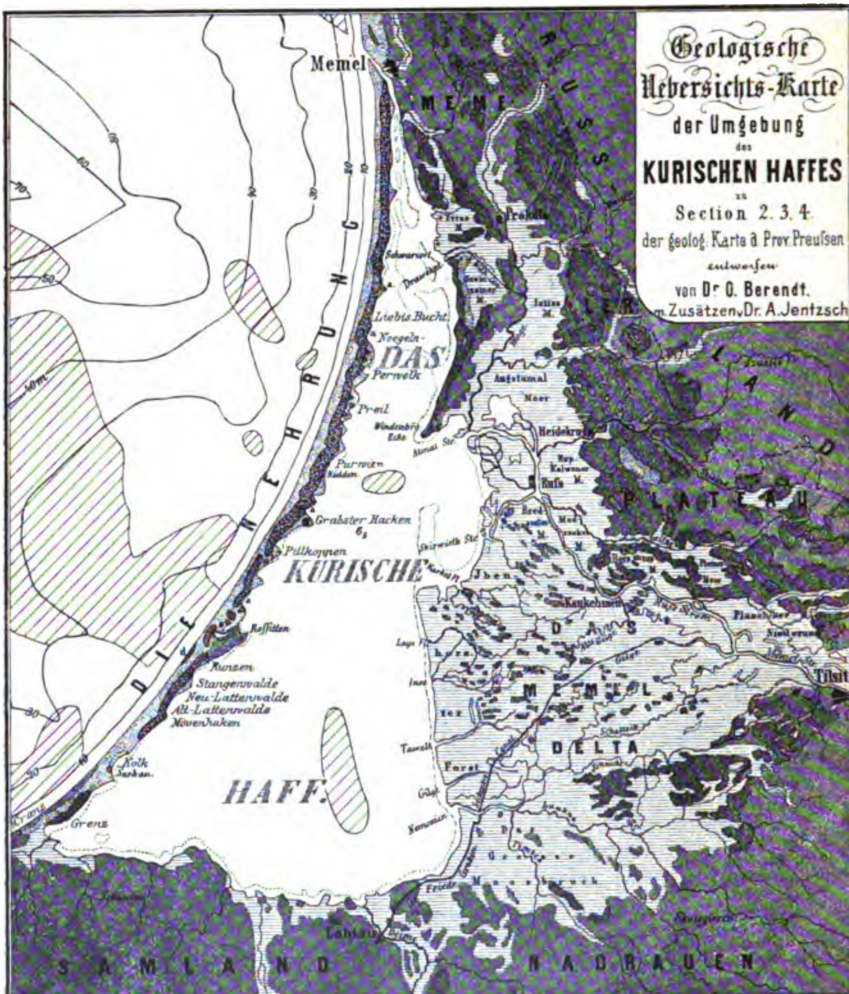


Abb. 14. Oestlicher Teil der Insel Rügen. Nach den Aufnahmen der Geologischen Landesanstalt von Scholz, mit Benutzung einer Karte R. Credners entworfen von A. J. 1 : 450 000.

Die „Schabe“ und die „Schmale Heide“, die beiden erheblichsten Nehrungen Rügens, haben je 10 km Länge.

Selbst die von benachbarten Mündungsarmen gewisser Ströme ins Meer hinaus gebauten Deltas können durch Strandwälle oder sich daraus entwickelnde Nehrungen verbunden werden, wodurch flache Reste ehemaliger



ZEICHEN-ERKLÄRUNG

Alluvium: Torf, Haffmergel, Schlick und Flusssand (a aufgepresster Haffboden)	Aelterer (eingeebneter) Dünensand u. Haidesand.
Dünensand.	Diluvium.
	Steilabfall im Haff.
Hohe Dünen.	Abrasionsflächen (A. J.)

Abb. 15. Massstab 1 : 800 000; Tiefenkurven in Metern.

Meeresteile als „Deltaseen“ abgeschnürt werden. Dies ist z. B. am Nildelta erfolgt.

§ 19.

Nehrungen und Strandseen, Haffe, Lagunen. Als Nehrungen im engern Sinne bezeichnet man diejenigen auf Landkarten wie Küstenwälle erscheinenden Dünenketten, welche Strandseen vom Meere trennen, wie z. B. die kurische Nehrung (Abb. 15) und die frische Nehrung (Abb. 9), von denen der Name*) entlehnt ist. Trotz des ähnlichen Grundrisses dürfen aber die Nehrungen keineswegs als Strandwälle bezeichnet werden. Der Strandwall ist eine Ablagerung des Wassers, die Nehrung eine Ablagerung des Windes, welche aus Strandwällen hervorgegangen ist und im Grundriss deren Umrisse, wenngleich mit seitlichen Verschiebungen, wiederspiegelt, während ihr Aufriss hoch über das Meer und den Strandwall emporragt.

Diejenigen Strandseen, welche durch breite Pforten mit der See in Verbindung stehen, heissen Haffe, wenn sie süsses Wasser führen, Lagunen, wenn sie mit salzhaltigem Wasser erfüllt sind. Je nachdem das Meer steigt oder fällt, strömt in diesen Pforten (Memeler Tief, Pillauer Tief u. s. w.) das Wasser ein oder aus.

Unsere Haffe sind, wie fast alle Strandseen, nur wenige Meter (5—7 m) tief und haben fast ebenen Boden. Wenn man aber auch, wie geschehen, das kurische Haff als untergetauchtes Festland betrachten wollte, weil sein Boden fast ringsum in einer ganz flachen Uferlandschaft verläuft, so ist dies keineswegs bei dem frischen Haff zulässig, welches bei Elbing an 180 m hohe Diluvialhügel grenzt. Die gleichmässige Ebenheit dieses Haffbodens steht in auffälligem Gegensatz zu der ungleichmässigen Wellung seines Südufers; sie könnte als Abrasionsfläche eines abgeschnürten Meeresteils erklärt werden, was sie teilweise wahrscheinlich ist. Noch einfacher erklärt sie sich, wie die Flachheit der meisten Strandseen, durch die Ausfüllung mit Sinkstoffen. Denn in beide Haffe münden Ströme, deren Deltas einen Teil des ursprünglichen Haffs bedecken und sich in den Rest desselben, das heutige Haff, unter Wasser fortsetzen. Man kann das frische Haff gradezu als den überfluteten Teil eines (richtiger mehrerer, vergl. S. 113) Deltas betrachten. Neben den Strömen und den kleinen Küstenflüssen wirken auch der Sand und Schlamm ausfüllend, welche der im „Tief“ eingehende Strom mitbringt.

Die kurische Nehrung besteht eigentlich aus zwei Nehrungen. Die eine schwingt sich von Cranz zum Diluviallande von Rossitten, die

*) Nach Bezzenberger entstanden aus Nergia, dem mittelalterlichen Namen der frischen Nehrung.

andere von dort bis in die Nähe des Diluviallandes von Memel. Ihr Nordende (Abb. 16) zeigt am äussersten Saume, zunächst der Hafenmole noch die Gestalt eines Hakens (Küstenwalles), aber schon in geringer Entfernung die beginnende Erhöhung durch Dünen.

Beide Bögen der Kurischen Nehrung sind fast unmerklich zu einem einzigen flachen Bogen von 96 km Länge verschmolzen; nur auf ein ganz kurzes Stück springt bei Rossitten dort, wo Diluvium im Meeresspiegel ansteht, die Linie der Meeresküste um ein Geringes vor, während am Haffufer der Nehrung das Diluvialland von Rossitten breit und deutlich vorragt. Auch die kurische Nehrung zeigt, gleich den oben beschriebenen Haken, am Wurzelende eine Verschmälerung und damit eine Neigung zu Durchbrüchen.

Ganz anders verhält sich die ebenfalls 96 km lange frische Nehrung. Sie ist nicht, wie die kurische Nehrung und die Halbinsel Hela, vorwiegend aus Sanden der Abrasionsflächen aufgebaut, sondern grösstenteils (wenngleich nicht ausschliesslich) aus Flusssanden des Weichseldeltas, welches die Meeresküste nach aussen vorschiebt, während sein Flusssand durch das Meer zu Strandwällen verarbeitet wird, die gerade am Wurzelende der Nehrung fortwährend neues Material zuführen.

So ist durch das Vordringen des Weichseldeltas die alte Kliffküste bei Danzig verlandet und das Wurzelende der Nehrung seewärts umgebogen.

Das „Tief“ wird durch die aus- und eingehende Strömung offen gehalten. Da deren Stärke und Dauer mit der Grösse des Haffs zunimmt, wird es begreiflich, dass kleine Strandseen ohne offene Verbindung mit dem Meere bleiben, sobald die an der Küste herbeigeführten Sandmengen genügen, diese Verbindung zu schliessen. Bei Memel und Pillau, wie an anderen Haffen und Lagunen, wird sie durch Baggerungen und Kunstbauten in der für die Schiffahrt nötigen Tiefe erhalten.

An der hinterpommerschen Küste finden sich mehrere mit der See garnicht oder nur durch einen gewöhnlichen schmalen Flusslauf verbundene Strandseen. Der grösste derselben ist der 16 km lange Leba-See, der durch den Lebafluss abwässert.

§ 20.

Die primäre Düne. Wo Sand in grösserer Menge zugeweht als weggeblasen wird, häuft er sich zu einer Düne an. Da nun jeder Wind, mag er stark oder schwach sein, irgendwo seine Grenze findet, muss der Sand schliesslich in eine Region gelangen, wo Dünenbildung stattfindet. Gesträuch oder natürliche Bodenerhebungen be-



Abb. 16. Das Nordende der kurischen Nehrung, vom Leuchtturm bei Memel gesehen. (Aufnahme von Gerhardt 1898.)

einflussen zwar, wo sie vorkommen, die Gestalt und die Ortslage der ersten Dünenanfänge, sind aber keineswegs — wie vielfach angenommen wird — notwendige Vorbedingungen.

Wären alle im Bereiche eines Windes befindlichen Sandkörner äolisch äquivalent, d. h. stände zu der Grösse, der Gestalt und oberflächlichen Rauheit jedes Mineral-Korns dessen Gewicht in einem solchen Verhältnis, dass sämtliche Körner stossender Luft den gleichen Widerstand böten, so würden alle in demjenigen schmalen Grenzstreifen liegen bleiben, wo die Windstärke beim Abstillen diesem Widerstande gleich wird. Indes liegt der Fall nirgends so einfach. Da die hydraulische Aequivalenz die Körner anders gruppiert als die äolische, so bedarf es einer längern Sonderung im Winde, ehe die vom Meer ausgeworfenen Körner zu annähernd äolischer Aequivalenz gelangen, und die Streifen sich anhäufenden Sandes erlangen dadurch eine grössere Breite. Auch der in einem sonst vorzüglichen Werke (Penck, S. 251) ausgesprochene Satz: „Dort, wo der Seewind auf einen flach geneigten Strand emporweht, verringert sich seine Geschwindigkeit und er muss den aufgewirbelten Sand niederfallen lassen“, entspricht nicht den Verhältnissen. Denn mit der Höhe des Gehänges nimmt die Luftgeschwindigkeit zu, wie allen Bergsteigern bekannt ist. In der That erklimmen grade die grössten Flugsandkörner die höchsten Gipfel der Dünen, während, wenn der Wind sich dort abstillte, nur die feinsten Körnchen dorthin gelangen könnten. Der Wind stillt ab, wo er in Weitungen tritt oder mit andern Luftströmungen zusammentrifft. Neben der oft allein berücksichtigten horizontalen Komponente des Windes darf seine nie fehlende vertikale Komponente nicht vergessen werden. Dieselbe äussert sich als aufsteigender oder absteigender Luftstrom wie als wellenförmige Schwingungen der Luft, deren Interferenz zu Wirbeln führt. Beim Fortschreiten der barometrischen Minima dreht sich der Wind und stossweisse ändert er, wie jede Windfahne und jeder Wimpel zeigt, fortwährend Geschwindigkeit und Richtung. An Küsten tritt hierzu infolge des ungleichen Ganges der Lufterwärmung über Land- und Wasserflächen der morgens und abends eintretende Wechsel von Land- und Seewind.

Die Bewegung des Sandes durch den Wind ist eine dreifache: die gröbsten überhaupt bewegten Körner rollen auf ihrer Unterlage; etwas kleinere werden von Luftwirbeln emporgehoben, um nach wenigen Sekunden (oder Bruchteilen von solchen) wieder herabzufallen, sich bald hüpfend wieder zu erheben und so in fortwährendem Wirbel über die Bodenfläche dahinzuschweben, bis sie schliesslich in eine wenn auch noch so kleine Vertiefung fallen, die ihnen für

kürzere oder längere Zeit Halt gewährt. Die leichtesten, staubartig feinen Sandkörner erheben sich hoch in die Luft und können hunderte von Kilometern weit hinweggeführt werden, um als Staubfälle oder Staubregen in weiter Ferne niederzufallen. Auf einer Thaldüne bei Graudenz, am Rande des Rudniker Sees, sah Verfasser bei mässigem, noch keineswegs als Sturm zu bezeichnendem Winde eine mindestens 8 m hohe Wolke schweben, welche aus sanderfüllter Luft bestand.

Der rollende und der hüpfende Sand vereint bilden die Dünen.

Doch kann auch wirklicher Sand mehrere Kilometer weit durch die Luft geführt werden, ohne den Boden zu berühren. Verfasser sah ihn in der Gegend von Kasan über die dort mehrere Kilometer breite Wolga fliegen; ebenso J. Walther an der Sinai-Halbinsel über eine 2 km breite Meeresbucht und Hagen sah feinen Sand in Gestalt eines dichten Nebels über den Hafen von Rügenwaldermünde hinüberfliegen.

Bei jedem Wechsel der Windrichtung wird die eben abgesetzte dünne Sandlage — ganz wie dies im § 11 für strömendes Wasser gezeigt wurde — angeschnitten und der erneut bewegte Sand über den stehen gebliebenen Rest der Sandlage schräg zu deren Längsrichtung gejagt, wodurch er den Rest entsprechend erhöht. Sobald der Sandhaufen kaum centimeterhoch ist, nimmt er an der dem Winde abgewandten Seite (der „Leeseite“) den „natürlichen Böschungswinkel“ an. Wo der am Sandhaufen hinstreichende Wind an die Kante dieser hintern Böschung kommt, wirkt diese auf die unterste Luftschicht als eine Erweiterung der Bahn; es entsteht sofort ein — wenn auch noch so kleiner — windstiller Winkelraum, in welchem die hüpfenden Körner, welche beim Fallen den Boden berühren, sich nicht von neuem erheben können. Auch die anrollenden Körner fallen an dieser Böschung herab und werden so dem Stosse des

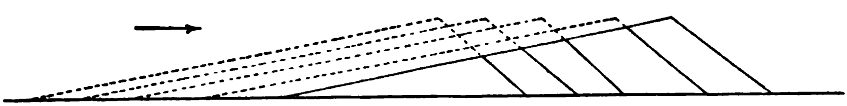


Abb. 17. Schematischer Durchschnitt einer Düne. (A. J.)

Windes entzogen (Abb. 17). Die dem Winde ausgesetzte Seite der Düne heisst Luvseite.

Die Bewegung des Sandes hört auf, sobald Regen fällt. Eine noch so geringe Befeuchtung der oberflächlich liegenden Sandkörner genügt, um dieselben so lange festzulegen, bis der Wind wenigstens einzelne Körner von neuem trocknet. Dieses Verhalten ist von stark

verzögerndem Einfluss auf das Wandern der Dünen. Und da der stärker wehende Wind die Gipfel schneller trocknet als die tiefern Gehänge, von denen der Sand herkommt, wirken Regen verflachend, lange Trockenperioden erhöhend auf die Dünen — unter sonst gleichen Umständen. Im gleichen Sinne wirken feuchte und trockne Klimate auf die Dünengebiete ganzer Länder.

§ 21.

Wind-Rippelmarken. Neben Luftwirbeln mit steiler, annähernd senkrecht gestellter Achse treten überall, wo der Luftstrom über eine Bodenfläche streicht, infolge der Berührung ruhender und bewegter Teile Wirbel von kleinem Durchmesser, aber langer, der Bodenoberfläche paralleler Achse auf. Diese Horizontalwirbel erfassen den Sand und häufen ihn in langen Linien zu Erhöhungen, welche wenige Centimeter oder Decimeter Breite und wenige Millimeter oder Centimeter Höhe haben. Die Längsrichtung dieser Wirbel und somit auch jener als Wind-Rippelmarken zu bezeichnenden Sandrunzeln liegt, wie die Achse einer Walze, genau senkrecht zur Hauptrichtung des Windstromes. Werden durch Regen oder Abstillen des Windes die Rippelmarken fest, so lassen sie genau die Windrichtung erkennen, welche in diesem Momente geherrscht hat. Ihre Beobachtung muss also unter Umständen auch für die Meteorologen von Interesse sein. Sind es doch natürliche, selbstregistrierende Windfahnen für den Moment des Regenanfangs!

Abb. 18 giebt eine ungefähre Vorstellung der Windrippelmarken nach einer flüchtigen, von mir auf der kurischen Nehrung entworfenen Skizze. Auf Photographien von Dünenlandschaften sieht man öfter die gleichen Rippelmarken, aber wegen ihrer Feinheit nur ganz im Vordergrunde.

Unser Bild zeigt eine Stelle, wo die Rippelmarken einzelne stellenweise Lücken und schräggestellte Querrippeln aufweisen. Im allgemeinen sind die Rippeln viel gleichmässiger und lassen sich auf annähernd ebenen Flächen weithin in leichtgeschwungenen Linien verfolgen.

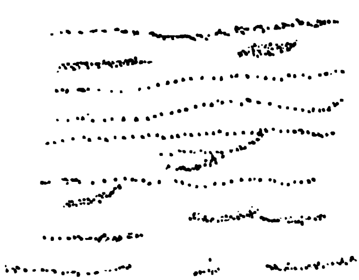


Abb. 18. Wind-Rippelmarken der kurischen Nehrung. 1 : 20. (A. J.)

Gewöhnlich weisen ihre Rücken auf grössern Flächenräumen gleiche Abstände auf, was wohl überall da gelten muss, wo der Wind gleichen Widerstand am Sand findet, mithin Wirbel von gleichem

Durchmesser bildet. Je stärker der Wind, um so weiter und höher die Rippelmarken. Da stärkerer Wind gröbern Sand bewegt, hat man auch versucht, dieselben Maasse zur Grösse des Sandes in Beziehung zu setzen. Diese Beziehung besteht zweifellos, wird

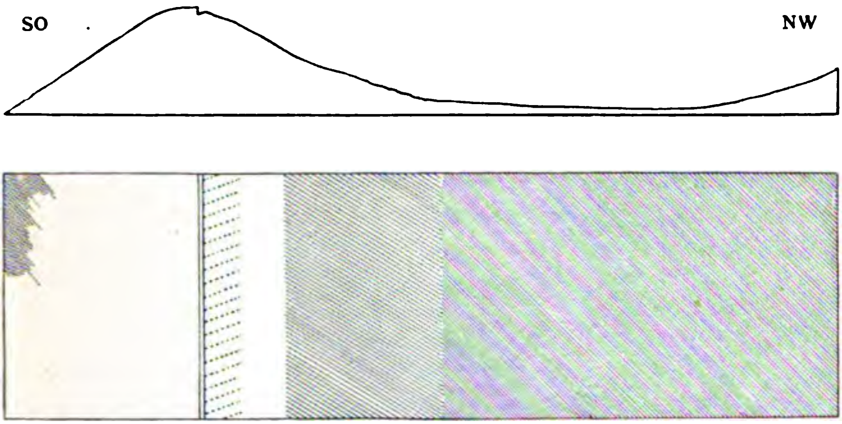


Abb. 19. Aufriss und Grundriss des Dünengipfels der kurischen Nehrung nördlich Stangenwalde. Höhen und Längen 1 : 150. (A. J.)

aber kompliziert durch den Umstand, dass die Reibung auch von dem Winkel abhängig sein dürfte, in welchem der Wind auf die Sandfläche stösst.

Sobald man diese Maassverhältnisse hinreichend studiert haben wird, wird die durch Regen für einige Stunden oder Tage festgelegte Rippelmarke nicht nur die Windrichtung, sondern auch die Windstärke für den Moment des Regenanfangs erkennen lassen und als natürlicher, selbst in fernen Weltteilen funktionierender Selbst-Registrierapparat gewiss manche nützliche Aufschlüsse gewähren. Auf dem Firn der Hochgebirge registrieren die Rippelmarken dasselbe für den Moment, in welchem der Schneesturm endet. Auch für die Meteorologie der Hochgebirge dürfte sich daraus einiges gewinnen lassen.

Auf der kurischen Nehrung mass Verfasser die Entfernung je zweier Rippelmarken, indem er die eine bestimmte Stablänge senkrecht durchschneidenden Marken zählte, und fand dabei für Abb. 18: 7 cm, an andern ziemlich ebenen Stellen 5—12 cm, im Mittel 8 cm.

Am 22. Mai 1899 vormittags beobachtete Verfasser, nachdem etwas Regen gefallen war, das Bild Abb. 19 auf dem kahlen Gipfel der dort etwa 35 m hohen Düne. In grosser Schärfe und Regelmässigkeit liessen sich dort die Rippelmarken weithin verfolgen und

messen. Das Bild wurde zunächst, um nicht durch theoretische Erwägungen beeinflusst zu sein, rein beobachtend gezeichnet und die Skizze unter Berücksichtigung der Messungen ausgeführt. In überraschender Klarheit zeigt sie das Spiel der Winde und die Gesetzmässigkeit der Erscheinungen.

Aus dem Vergleich des Grundrisses mit dem Aufriss des quer zum Dünenkamm SO—NW gedachten Querschnitts liest man Folgendes ab: Vor dem Regen kam der Wind zuletzt etwa aus West. Er hinterliess auf dem Boden der flachen, 8 m breiten Senke Rippelmarken von 6 cm Abstand. Vor dem letzten steilern Anstieg des SW—NO streichenden Dünenkamms lenkte er ab und wurde zum Südwestwind, der nun in sehr spitzem Winkel am Kamm entlang strich; bei dieser Ablenkung verstärkte er seine Kraft und hinterliess Rippelmarken von 8 cm Abstand auf einem 3,5 m breiten Streifen. An der höchsten Kante aber wälzten sich gleichzeitig von S oder SSW her viel stärkere Wirbel, welche am Kamm eine scharfe, 10 cm hohe Hohlkehle ausbliesen und westlich derselben Rippelmarken von 25 cm Abstand in einer 0,7 m breiten Zone hinterliessen. Zwischen beiden Wirbelbahnen zeigte sich ein 1 m breiter Streifen ohne Rippelmarken, welcher einer Region relativer Windstille entspricht. Auf der Luvseite der Düne, wenige Meter unter der Kammhöhe, fand sich eine kleine Fläche mit Rippelmarken von nur 5 cm Abstand, welche einem etwas abgeschwächten Westwinde entsprechen würden.

Es will mir scheinen, als könnten die so leicht zugänglichen Rippelmarken bei planmässiger, allseitig messender Untersuchung auch nützlich für die Theorie der Winde und Wirbel werden.

Die nach Sokolow schwer erklärlichen Beobachtungen Ch. Helmanns über das Verhältnis der Schnelligkeiten, mit welchen die Rippelmarken auf der Luv- und Leeseite der Festlandsdünen im Khanate von Chiwa fortschreiten, finden durch unsere Beobachtungen ihre Erklärung und Bestätigung.

§ 22.

Einfluss senkrechter Hindernisse auf die Sandbewegung. Stösst Wind auf eine steile Wand, so entsteht vor letzterer ein dünenartiger Wall, sobald der Wind Sand oder Schnee in genügender Menge führt. Die gleichzeitige Ablenkung des Windes veranlasst Wirbel, welche sowohl den dünenartigen Wall als die dahinter liegende Wand erodieren und die Oberkante der letztern übersteigen, wobei sie Sandkörner oder Schneeflocken hinüberwerfen. So entsteht unmittelbar vor der Wand ein Graben, welcher erst später sekundär durch schwächere Winde in gewissen Fällen zugeschüttet wird.

Dies wird praktisch verwertet durch die Anlegung von Schneezäunen (oder Schnee-Schutzwällen). Der Schneewall wirkt nicht etwa nur dadurch, dass er die Schneeböschung absperrt, sondern hauptsächlich durch die ausfegenden Wirbel, die er veranlasst.

So hat der Wind auch auf Dünen wie an allen sandigen oder sanderzeugenden Gehängen die Neigung, vor jedem steilern Anstieg des Geländes eine Hohlkehle auszublasen. Dieses Gesetz ist von grossem Einfluss auf die Gestaltung der Küsten, Gehänge und Dünenlandschaften. Auch vor grössern Blöcken bläst er Rinnen im Sande aus. Bei kleinern Steinen können diese Rinnen ringförmig den Stein

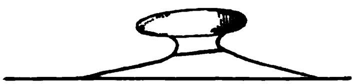


Abb. 20. Dünentisch von der kurischen Nehrung. (A. J.)

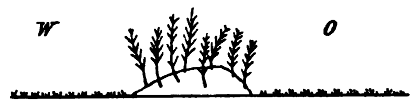


Abb. 21. Sandhügel (0,8 m hoch) in einem Weidenstrauch (Salix repens) der kurischen Nehrung (A. J.)

unterwühlen, so dass dieser schliesslich nur auf einer dünnen, wenn auch niedern Sandsäule ruht, die ihn pilzartig als „Windtisch" oder „Dünentisch" erscheinen lässt (Abb. 20).

Lückenhafte Wände, wie sie von Sträuchern und Grasbüscheln gebildet werden, lassen die grössern Wirbel nicht in ihr Inneres dringen; im Ueberschuss ankommender Sand häuft sich daher (Abb. 21) innerhalb der Sträucher zu kleinen Hügeln. Indem diese wachsen, wird die lückenhafte Wand mehr und mehr zu einer geschlossenen. Alsbald wird an der Stossseite des Windes Sand weggeblasen, um sich hinter dem Strauch oder Grasbüschel zu einem schmalen, oft lang fortgezogenen „Zungenhügel" zu häufen.

Bei weiterm höhern Wachstum des Strauches und Hügels entwickelt sich vor demselben die gesetzmässige Rinne, unterwühlt schliesslich die Wurzeln und macht den Zungenhügel zu einer Ruine, die nicht mehr fortwächst, sondern bald der Vernichtung durch Einschneiden seitlicher Hohlkehlen verfällt.

Anders verhalten sich Felsenkegel. Diese werfen, namentlich in Wüsten, einen förmlichen Sandschatten. In dem Nubischen Urgebirge bilden die Sandwehen eine grossartige Windfahne; denn alle Felsen haben einen nach Süden gerichteten Sandanhang von zuweilen 100 m Höhe. Man hat diesen als Analogie der Zungenhügel zu betrachten.

§ 23.

Die Vordüne. Wirft ein Strand dauernd Sand aus, so häuft sich letzterer unter Mitwirkung des Menschen zu einer Vordüne, welche



Abb. 22. Vordüne bei Cranz. (Nach einer Aufnahme von H. Thorun in Königsberg.)

den Strand auf seiner ganzen Länge als ein zusammenhängendes, liegendes Prisma begleitet.

Abb. 22 zeigt die Vordüne an der Wurzel der kurischen Nehrung bei Cranz. Das hübsche Bild lässt mehrere der bisher beschriebenen Erscheinungen deutlich erkennen: die weissen Kämme der Brandungswellen, welche sich an den parallel dem Strande verlaufenden Sandriffen brechen, die Brandung selbst mit zungenförmig über den Strandwall schiessenden Wogen und den hinter dem Strandwalle oft sich ausbildenden kurzen Rinnen, welche sich bei der schräg

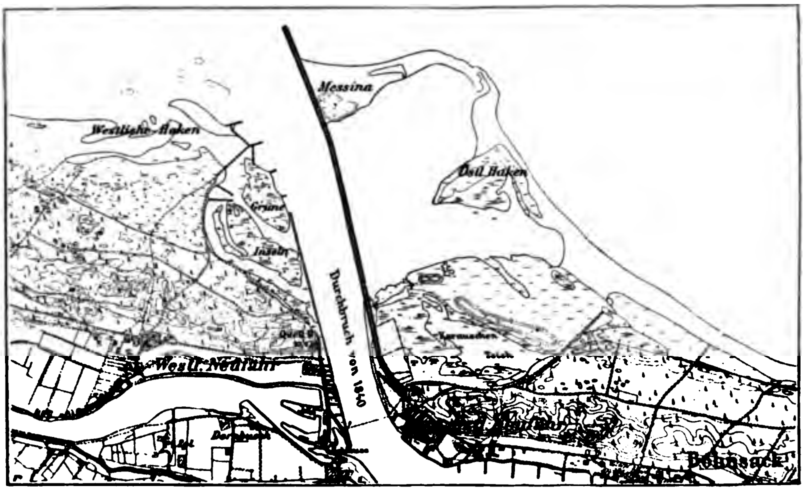


Abb. 23. Karte des 45jährigen Deltas von Neufähr bei Danzig.
Nach dem Messtischblatt der Landesaufnahme verkleinert auf 1 : 5000. Die ausgezogenen Höhenkurven haben 5 m Abstand, Höhen in Metern. (Vergl. den früheren Zustand Abb. 57.)

zum Strande verlaufenden Brandung meist einseitig durch überlaufende Wellen füllen, um auf der entgegengesetzten Seite ihr Wasser wieder zum Meere abfliessen zu lassen, soweit es nicht im Sande versinkt. Wir sehen im Hintergrunde den einzelnen Mann, welcher hart an der Brandung den härtesten Fusspfad wandelt, den mit dunklen Punkten (meist Seetang und einzelnen Torfgeschieben) überschütteten Schaumstrand und die landwärts gekrümmten Grasbüschel auf der Höhe der Vordüne, welche dort den Flugsand befestigen.

Während die meisten Dünen an der Luvseite etwa 5 bis 10° ansteigen, ist die Luvseite der Vordüne steiler, sobald sie bei Hochfluten unterwaschen und von Stürmen unterkehlt wird. Bei stillerem Wetter wird ihr Fuss wieder von dem allerjüngsten, im Bilde sehr

hell erscheinenden Flugsand haldenartig überdeckt. Doch sobald der Wind heftiger wird, wirbelt er diese Flugsandhalde empor bis zur Oberkante der Vordüne, welche dadurch erhöht wird.

Die Vordüne ist bei ihrer ersten Anlage nur ein einfacher Rücken. Dies zeigt z. B. Abb. 23 in der Karte des jüngsten deutschen Deltas, dessen Bildung in der Nacht vom 1. zum 2. Februar 1840 mit dem Durchbruch der Weichsel durch die frische Nehrung begann und am 31. März 1895 mit der Eröffnung einer 10 km östlich gelegenen künstlichen Weichselmündung endete. Wie das Kärtchen zeigt, haben sich vor der Weichselmündung breite Haken und Sandinseln gebildet, welche niedrige Vordünen tragen.



Abb. 24. Gegend der versandeten Dörfer Alt- und Neu-Lattenwalde auf der kurischen Nehrung.

Nach dem 1859 aufgenommenen Messtischblatte des Generalstabes verkleinert auf 1 : 50000. Höhenkurven in preuss. Fuss. Zusätze von A. J.: Triebsand durch Horizontal-Schraffen, unterseeischer Wald durch Baumzeichen.

Rückt das Meer langsam vorwärts, indem es nicht so viel Sand anspült, als durch den Küstenstrom und den dünenbauenden Wind hinweggeführt wird, so ist es nicht unmöglich, dass die Vordüne, über ein flaches Gelände sehr langsam landeinwärts rückend, sich lange erhält.

Abb. 24 zeigt einen solchen Fall aus der Gegend des ehemaligen Dorfes Lattenwalde zwischen Rossitten und Sarkau auf der kurischen Nehrung. Das Kärtchen ist nach dem i. J. 1859 aufgenommenen Messtischblatte des Generalstabs auf 1 : 50 000 verkleinert.

§ 24.

Vordünen-Systeme. Die Höhe der Vordünen steht, bei sonst gleicher Windstärke und Sandgrösse, im Verhältnis zur Breite des Strandes.

Mit der Höhe der Vordüne wächst die Zahl der Tage und Stunden, an denen der Wind den Sand nicht mehr oder nur in geringer Menge auf ihre Höhe befördert; die Sandhalde an ihrem Fusse nimmt zu, wird bei Sturmfluten über den flachen Strand ausgebreitet und verbreitert diesen. Schliesslich wird dieser so breit, dass darauf neue kleine Dünen entstehen, die analog den Haken der Küstenwälle in der Längsrichtung des Strandes sich verlängern und zu einem einfachen Walle vereinigen, welcher eine neue Vordüne bildet. Indem diese den vom Strandwalle weggeblasenen Sand sammelt, verlangsamt

sich das Höhenwachstum der bisherigen Vordüne rasch, bis dieses gänzlich aufhört.

Die Breite des Strandes wird von Krause für die Gegend von Danzig zu 12 Ruten (46 m) angegeben; auf der kurischen Nehrung fand Verfasser sie zu 45—50 m, also ein ungefähr gleiches Mass (vergl. II. Abschn. § 3).

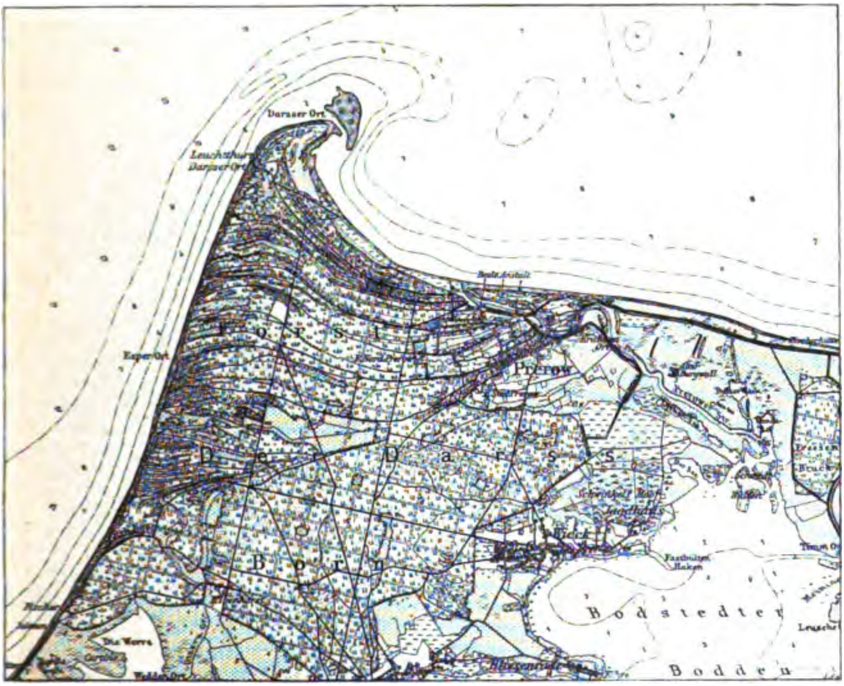


Abb. 25. Vordünen-System am Darss bei Prerow, Vorpommern.
Nach der Generalstabskarte von 1886 photogr. auf 1 : 200000 verkleinert.
(Höhen und Tiefen in Metern.)

Zur Neubildung von Vordünen ist naturgemäss eine Strandbreite erforderlich, welche das Normalmass von etwa 50 m wesentlich übersteigt. An Küsten mit reichlichem Sandauswurf schieben sich so in annähernd gleichen Abständen als schmale Rücken Stranddünen vor Stranddünen, von denen stets die dem Meere nächste die jüngste ist. Sehr schön findet man sie dort, wo Hakenbildung an sandiger Küste stattfindet.

Dort, wo in Vorpommern die von Mecklenburg her SW—NO streichende Küste plötzlich nach Stralsund zu eine W—O-Richtung annimmt, findet die Bildung eines breiten, kurzen Hakens statt



Abb. 26. Vordünen-Systeme bei Swinemünde.
Nach der Generalstabskarte von 1890 photographisch auf 1 : 200 000 verkleinert.
Höhen und Tiefen in Metern.

(Abb. 25). Auf diesem Haken, dem Darss, sieht man zahlreiche Vordünen, welche ebensoviele ehemalige Strandlinien (die man sich je 100—200 m vor jeder einzelnen Dünenwelle denken muss) bezeichnen. Man kann sie auf der Karte zählen und sieht sie im allgemeinen östlich laufen mit leichter, die Hakengestalt abgeschwächt wiederholender Ausbiegung. Die nördlichen, jüngsten, sind die längsten; die südlichen, älteren, mit zugleich etwas abweichender Richtung, die kürzesten. Denn an der Westküste des Darss werden sie nach Art einer Kliffküste fast geradlinig abgeschnitten und auf der Oberkante des niedern Kliffs hat sich eine dem dortigen Vordringen des Meeres entsprechend einfache Vordüne angesiedelt, welche das ältere Vordünensystem in Winkeln von 40—70° abschneidet.

Aehnliche, doch noch verwickeltere Systeme beobachtet man bei Swinemünde (Abb. 26). Das Stettiner Haff wird von der See durch grössere diluviale Inseln getrennt, welche einst breite Pforten zwischen sich liessen. Die ursprüngliche Kliffküste einer solchen Pforte ist auf der Karte von Heringsdorf über den Zierowberg bei Ahlbeck, die Kalkberge, den Golm bis Camminke zu verfolgen. Ein Blick auf die Karte lehrt uns besser als Worte an der Hand der langen, fast parallelen Dünenwellen, wie sich allmählich die Küste vorschob und gleichzeitig die Pforte verengte, bis schliesslich nur noch der schmale Lauf der Swine übrigblieb. Auch das von Jesse bearbeitete Blatt Skagen der dänischen geologischen Karte in 1 : 100 000 lässt ähnliche Dünensysteme erkennen, welche, ganz wie am Darss, nahe südlich der äussersten Spitze schräg zur Nordseeküste stehen.

Der Abstand der einzelnen Rücken in den Vordünensystemen beträgt in den wenigen von mir geprüften Beispielen, etwa 80— 200m, dürfte jedoch diese Grenzen nach oben und unten überschreiten.

§ 25.

Windrisse. Nähert sich die Düne der Grenze ihres Höhenwachstums, so verfällt sie der Zerstörung durch den Wind zunächst an einzelnen Stellen, die sich allmählich weiter ausdehnen. Abb. 27

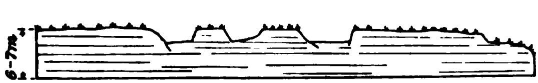


Abb. 27. Vordüne bei Rossitten, vom Strande gesehen. (A. J.)

zeigt, wie eine Vordüne, welche 6—7 m Höhe erreicht hat, in der ursprünglich fast horizontalen Oberkante scharf begrenzte Ausrisse von 1—2 m Tiefe aufweist. Während auf dem grösseren Teile des

Dünenrückens die Sandgräser ungestört fortwachsen und die Düne sich dort noch langsam erhöht, erscheint an diesen Windrissen der kahle Sand.

Hier kann kein Same keimen, kein Pflänzchen Wurzel fassen; denn die Wurzeln werden freigelegt. Nur vereinzelt können aus der Tiefe des Sandes kriechende Wurzelausläufer ein paar Blätter auf diesem kahlen Sande entwickeln.

Der Dünensand verhält sich hier dem Winde gegenüber wie ein diluvialer oder tertiärer Sand: er wird abgenagt und die nie fehlenden Schichten etwas feineren Sandes treten wegen ihrer Feuchtigkeit als härtere Leisten vor den gröberen Schichten hervor. Die anprallenden Luftwirbel unterkehlen einzelne Schichten und können senkrechte Wände von geringer Höhe blosslegen, an deren Oberkante humose oder von Wurzeln durchzogene Schichten überhängen (Abb. 28). Diese Erscheinung ist ganz allgemein an den Oberkanten aller derjenigen Dünen, welche sich nicht oder nur langsam erhöhen.

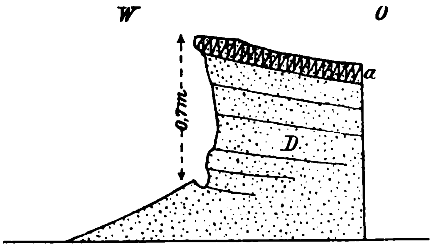


Abb. 28. Unterkehlter Rand einer Dünenkupste bei Lattenwalde, kur. Nehrung. (A. J.)
a. Alter Waldboden. D. Dünensand.

Abb. 29 giebt aus den wilden Dünen bei Nimmersatt, also von der Nordspitze des Deutschen Reiches, ein deutliches Bild dieser Windrisse oder Windkehlen, welche sich von fast gleichem Aussehen an vielen Stellen des deutschen Strandes — und ganz ähnlich auch anderwärts — finden.

Die ältern Teile von Vordünen-Systemen werden durch solche Windrisse allmählich bis auf den Grund abgetragen oder in ein unregelmässiges Labyrinth kleinerer Sandhügel umgewandelt. Abb. 30 zeigt dies an einem von der Grenze der Provinzen Pommern und Westpreussen (dem Piasnitz-Fluss) durchzogenen Stücke der Stranddüne. Während die jüngste Düne ziemlich ungestört verläuft und an dem breitesten, nach der Karte etwa 80 m messenden Teile des Strandes infolge der grossen Sandzufuhr sogar 19 m Höhe erreicht, sind die ältern (hier südlichern) Dünen in einzelne Hügel aufgelöst und ein Teil ihres Sandes hat sich flächenhaft über den Nordrand der anstossenden, tausende von Hektaren umfassenden Torfmoore ausgebreitet.

Ganz ebenso wie Dünensand werden lose Sande aller Formationen ausgekehlt, sobald sie an Gehängen zu Tage treten und hinreichend trocken sind. Verf. sah dies häufig im Weichselthale und



Abb. 29. Wilde Dünen bei Nimmersatt. (Aufnahme von Gerhardt 1898.)

dessen Nebenthälern; es kommt aber nach den Schilderungen der Reisenden in allen Weltteilen vor. Auch beschränkt es sich nicht auf lose Sande, sondern betrifft ebensowohl Sandsteine und andere Gesteine. In der ägyptischen Wüste haben Walther, Zittel, Schweinfurth u. A. grossartige Windkehlung an Gesteinen beobachtet, ebenso

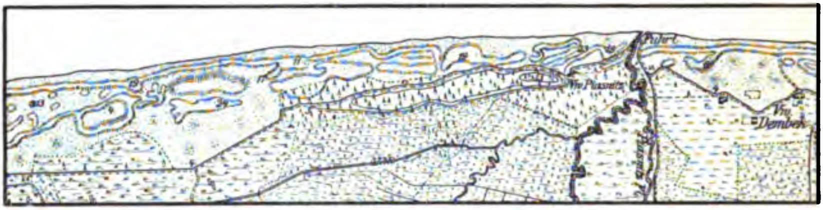


Abb. 30. Hinterpommersche Stranddüne an der Grenze Westpreussens. Nach dem 1877 herausgegebenen Messtischblatt der K. Preuss. Landesaufnahme verkleinert auf 1 : 50000. Höhenzahlen in Metern.

Gilbert und Endlich in den Wüsten von Colorado und Diener an den Säulen von Palmyra, Baltzer u. A. in Algier. Walther hat die Denudation in der Wüste eingehend beschrieben.

Feste Gesteine werden dort durch Windrisse tief zerschnitten und die stehen gebliebenen breiten Pfeiler zu pilzartig gestalteten Felsen verwandelt, indem die Unterkehlung um so tiefer einschneiden kann, je fester das Gestein ist. Die Unterkehlung erfolgt in derjenigen Höhe, wo die am Boden dahinrollenden Luftwirbel das Maximum ihrer Stosskraft erreichen und zugleich die grösste Menge loser Sandkörner führen, ohne deren Vermittelung feste Gesteine nicht angegriffen werden.

§ 26.

Kupsten und Zeugenberge. Schneiden langgestreckte Windrisse nach verschiedenen Richtungen in Sandmassen ein, so bleiben Pfeiler stehen, welche an ihren Böschungen ausgekehlt sind, während ihre Oberfläche zunächst unverändert bleibt. Erst bei tieferm Einschneiden der Windkehlen stürzt schliesslich von der steilen oder überhängenden Kante Stück auf Stück herab, bis zuletzt der ganze Pfeiler weggeblasen ist. Die Oberfläche dieser als Kupsten bezeichneten Sandhügel ist meist durch lebende Sandgräser gefestigt, stellenweise durch Reste eines alten Waldbodens. (Vergl. Abb. 28, 45, 46.) Gewöhnlich treten die Kupsten in grosser Anzahl nebeneinander auf und bilden dann ein Kupsten-Gelände, wie sich solches auf der kurischen Nehrung auf meilenweite Strecken hinzieht. Das Kärtchen der Gegend von Lattenwalde (Abb. 24) zeigt zwischen der Vordüne

und der hohen Düne das Kupstengelände. Noch schöner tritt letzteres (Abb. 31) westlich der hohen Düne unweit der Liebis-Bucht auf.

Jedes Kupstengelände bezeichnet ein Gebiet, in welchem mehr Sand weggeblasen als zugeführt wird, also ein Gebiet überwiegender Deflation.

Während Kupsten aus losem Sande nur wenige Meter Höhe erreichen, entstehen aus wagrecht geschichteten festern Massen (Sandsteinen, Kalksteinen u. s. w.) in Wüstengebieten auf ganz entsprechende Weise durch Windrisse 0,20 bis 50 m, ja selbst bis 100 m hohe Tafelberge und Pfeiler, welche als **Zeugenberge** bezeichnet werden. Ihre Böschungen sind steil und betragen oft 45—78°. Man kennt Zeugenberge aus den Wüsten Algiers (Provinz Constantine), der libyschen Wüste, vom oberen Nil, aus Arabien, Indien, Australien, wie aus den Bad lands Nordamerikas.

Auch festere Gesteine werden vom Winde mit Hilfe des Sandes zernagt. Granitähnliche Gesteine bilden in der Wüste meist hohe Bergzacken mit steilen, schuttlosen Wänden, am Sinai sogar einzelne säulenartige Pfeiler.

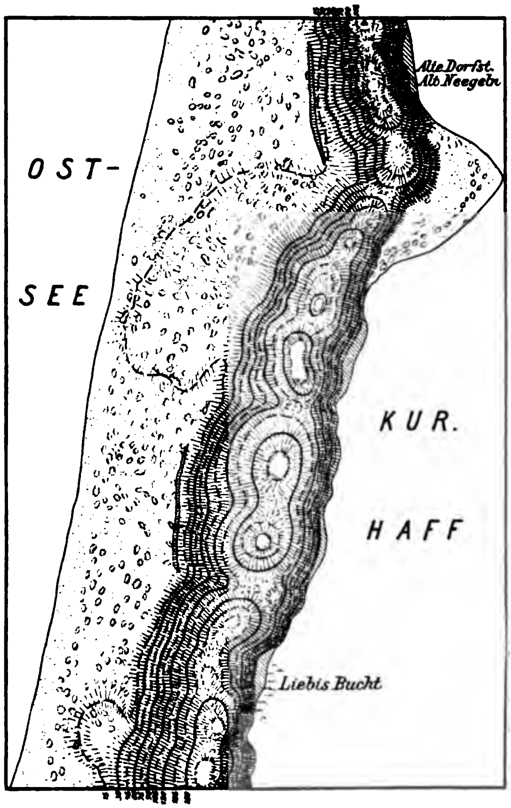


Abb. 31. Gegend zwischen Perwelk und Schwarzort, kurische Nehrung.

Nach dem 1859 aufgenommenen Messtischblatte des Generalstabes verkleinert auf 1 : 50000. Höhenkurven in preussischen Fuss (1 m = 3,186 Fuss).
Zusätze von A. J.: Triebsand durch Horizontal-Schraffen, aufgepresster Haffboden durch schräge Schraffen.

§ 27.

Windmulden und Kieswüsten. In Dünengebieten können Kessel und andere Hohlformen zwar dadurch entstehen, dass die Leeseiten heranwandernder Dünen sie umschliessen. Die meisten Hohlformen der

Dünen sind aber Windmulden. Fast nirgends ist auf Sand eine Rasendecke so dicht, dass nicht gelegentlich ein Sturm oder Wirbelwind daraus Sandkörner entführen könnte. Tritte grösserer Tiere, Baue und Kriechspuren kleinerer Tiere bringen solche Verletzungen der Bodennarbe tausendfach hervor. Ist erst ein noch so kleiner Windriss da. so wird beim folgenden Sturm der kahle Sand der Tiefe weggeblasen. während die Oberkante bleibt, bis sie nachstürzt. So verbreitert sich der Windriss mehr und mehr und wächst gleichzeitig in die Länge. Sein Querprofil ist in den tiefen Teilen ganz flach, an den Rändern steil.

Indem sich der Windriss vergrössert, wächst er in trocknem Sandboden langsam nach der Tiefe, aber viel schneller nach der Breite und wird dadurch zur breiten Windmulde. Je breiter eine Windmulde wird, je mehr nähert sich ihre Sohle einer Ebene. Die Windmulde kann den Kamm einer Düne durchbrechen und zur Bildung von Querthälern führen, die manchmal bis fast zum Wasserspiegel hinabreichen (z. B. bei Pillkoppen). Besonders regelmässig treten aber jene Windmulden auf, welche als Längsthäler erscheinen.

Windmulden können durch den Flugsand hinab in ältere Sande und Sandsteine dringen. Sie stossen dann bald in unserm norddeutschen Diluvium auf Geschiebe, anderwärts auf feste, widerstandsfähige Gesteinstrümmer; in beiden Fällen wird nur der Sand weggeblasen, die Geschiebe und festern Gesteinstrümmer bleiben liegen, sinken durch Unterkehlung immer tiefer hinab und bedecken den Boden der Windmulde in immer dichter werdender Lage.

Das sehen wir in kleinem Maassstabe im norddeutschen Flachland überall dort, wo diluvialer Sand zeitweise zum Fliegen gekommen ist, also insbesondere an den Oberkanten der Thalgehänge und auf gewissen Thalsandflächen.

In grösstem Maasse sehen wir diese Erscheinung in den Kieswüsten, als welche die thalartigen Senken fast aller Wüsten erscheinen. Wo diese durch Ausblasen versteinerungsführender Sandsteine entstanden, bedecken wohl versteinerte Schnecken, Seeigel und andere Tierreste den Boden der Wüste — Tiere, die selbstredend älter sind als die Sandsteine, aus denen die Gipfel der darüber aufragenden Berge bestehen.

§ 28.

Triebsandstreifen und Dünenseen. Wo kein natürliches Steinpflaster sich anhäuft, gräbt sich die Windmulde immer tiefer, bis sie dem Grundwasserspiegel nahe kommt. Wenige Zoll über dem letztern stösst der Wind auf feuchten Sand, den er nicht zu bewegen vermag. Es entsteht als letztes Endziel eine meist langgestreckte

Mulde mit völlig ebenem, feuchtem Sandboden, in welchem man meist schon mit den Händen leicht bis auf das Grundwasser graben kann. Liegt eine solche feuchte Windmulde am Fusse einer Düne (oder überhaupt eines grössern Sandhügels), so fliesst das Grundwasser unterirdisch von der Düne weg und macht dadurch den nassen Sand zum Triebsand, d. h. zu einer Masse, welche gleich einer Flüssigkeit den hydrostatischen Gesetzen folgt. Die wenige Zoll dicke Decke feuchten Sandes vermag die Last eines Pferdes nicht auf der kleinen Fläche zweier Hufe zu tragen und lässt dieses einsinken; hat der Huf erst den wirklich nassen beweglichen Sand erreicht, so sinkt er schnell immer tiefer, und ohne fremde Hilfe kommt das Pferd nicht wieder heraus.

Schwankt mit den Jahreszeiten der Grundwasserspiegel, so kann er der Oberfläche so nahe kommen, dass auch der Fusswanderer versinkt; doch ist dem letztern die stets pflanzenlose, kahle, ebene, dunkler gefärbte Fläche leicht kenntlich. Steigt der Grundwasserspiegel noch weiter, so können Triebsandmulden zu flachen Seen werden. Ueber solche Dünenseen wird namentlich aus Nordamerika berichtet. In kleinem Massstabe entstehen sie auch vielfach in den deutschen Dünengebieten. Haben sie, etwa infolge einer Reihe regenreicher Jahre, einige Zeit bestanden, so wuchern in ihnen, durch Vögel herbeigeschleppt, bald Wasserpflanzen, deren Abfälle den Boden immer wasserdichter verschliessen, so dass solch kleiner See oder Tümpel dann langen Bestand haben mag. Auf der kurischen Nehrung z. B. finden sich mehrere solcher Tümpel, die indes nicht mit den Resten versandeter Tiefe (wie sie bei Rossitten vorkommen) verwechselt werden dürfen.

Gesetzmässig tritt der Triebsand auf der kurischen Nehrung und anderwärts in langen schmalen (nur etwa 8—25 m breiten) Streifen

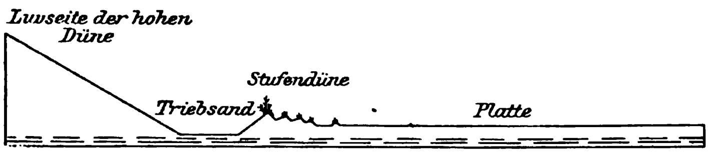


Abb. 32. Schematisches Profil durch den mittleren Teil der kurischen Nehrung. (A. J.)

am Westfusse der höchsten Düne auf. Die Kärtchen Abb. 24 und 31, in denen der Triebsand durch horizontale Schraffen bezeichnet wurde, lassen dies an vier Stellen deutlich erkennen.

Abb. 32 zeigt den Querschnitt einer solchen Triebsandstelle südlich von Nidden. Man sieht, wie die Windmulde, welche den

Triebsand blosslegte, sich unmittelbar vor der Luvseite der hohen Düne hinzieht, und wird in dieser Erscheinung sofort einen besonderen Fall jenes Grabens erblicken, der sich nach § 22 vor jeder Wand im Flugsande ausbildet.

Abb. 33 zeigt das Bild einer Triebsandstelle der frischen Nehrung. Schon durch dunklere Färbung hebt sich von der sanft ansteigenden Luvseite der Wanderdüne der flache Boden der Windmulde ab, dessen Betreten der Wanderer vorsichtig vermeidet. Neben



Abb. 33. Wanderdüne auf der frischen Nehrung nach Regenwetter im Jahre 1898. (Aufnahme von Gerhardt.)

der Gestalt des Wanderers sieht man unverkennbar die Spuren der Auskehlung an der Stufendüne; diese Böschung ist keine Leeseite einer kleinen Düne mehr, sondern die Steilwand der asymmetrischen Windmulde.

Die Eigenschaften der Triebsandflächen sind folgende: Bei trockner Witterung zeigen sie eine verhältnismässig feste Kruste feuchten Sandes, die unter Umständen sogar mit trocknem Sande überstreut sein kann. Ein hineingestossener Stock findet bei den ersten Zoll Tiefe einen gewissen Widerstand und fährt dann leicht bis zum Griff hinab. Der Fuss des schreitenden Menschen sinkt etwa 1—2 Decimeter hinab und lässt Wasser hervortreten, welches beim

Zurückziehen des Fusses schnell tiefer sinkt. Berendt sah beim schnellen Hinüberfahren, wie der Boden, ohne zu bersten, sich 3—4 Decimeter hoch zwischen und vor den breiten Rändern aufbog und hinter denselben sich wieder einebnete. An einer andern Stelle brachen seine drei Pferde ein. Den Kräften zweier Männer gelang es, den erst teilweise auf Triebsand stehenden Wagen sowie ein Pferd soweit herauszuziehen, dass dieses, auf der Seite liegend, die Füsse sich losarbeitete und herausgeschleift werden konnte. Die zwei andern Pferde waren augenblicklich bis zur Brust eingebrochen; binnen einer halben Stunde sanken dieselben allmählich so weit, dass nur noch ein paar Zoll fehlten, bevor der Sand über dem Rücken zusammenfloss. Unmittelbar am Körper der Tiere war die sonst ebene, trockne Sandfläche eingedrückt und feucht, z. T. mit Wasser bestanden. Nach stundenlanger Arbeit mit Spaten und Seilen gelang es mit Hilfe herbeigeeilter Fischer, auch diese Pferde zu retten. Sie hinterliessen in der ebenen Sandfläche ein mit Wasser gefülltes Loch.

Menschen dürften wohl nur ganz ausnahmsweise so vollständig im Triebsande versinken, dass ihre Rettung unmöglich ist. Die meisten Erzählungen darüber sind unverbürgt.

Ueber die Entstehung des Triebsandes sind vielerlei, z. T. wunderbare Ansichten verbreitet. Triebsand entsteht in den Dünen nach denselben Gesetzen wie anderwärts an Steilufern, in Baugruben, Schächten, Brunnen und Bohrlöchern. Jeder annähernd gleichkörnige, grobe oder feine Sand wird zum Triebsand, sobald ihn Wasser von bestimmter Geschwindigkeit bezw. Druckhöhe durchfliesst. Letztere muss um so grösser sein, je grösser die Körner sind. Die täglich ausgeführten Schlemmanalysen der Böden beruhen auf dem Satze, dass jeder Korngrösse eine bestimmte, experimentell festgestellte Fallgeschwindigkeit im Wasser entspricht. Ueberschreitet ein aufsteigender Wasserstrom diese Geschwindigkeit, so führt er die Körner hinweg; erreicht er sie gerade, so erhält er die Körner schwebend; erreicht er sie nicht, so verringert er den Druck, mit welchem die Körner aufeinander lasten, um ein entsprechendes Mass.

Jeder nasse Sand wird deshalb zum Triebsande, sobald in einem Teile desselben (z. B. in einer Baugrube) der Wasserdruck um ein der Korngrösse entsprechendes Mass gesenkt wird. Letzteres Mass wird angemessen kleiner, wenn ein Grundwasserstrom den Sand langsam durchfliesst.

Flüsse wirken an den Prallstellen ihrer Krümmungen wie Baugruben und eben deshalb findet man an Prallstellen häufig Triebsand, dessen Vorhandensein natürlich die Flusserosion erleichtert und so den Fluss selbst an hohen Steilufern verhältnismässig schnell nagen

lässt. An solchen Stellen wird aus dem Untergrunde des Anberges fortwährend Sand als Triebsand ausgepresst, den der Stromstrich schnell entfernt, sodass neuer Sand nachdringen kann, bis schliesslich grosse Schollen des Anberges herabrutschen und den Triebsand zeitweilig verdecken und schützen, solange bis der Fluss ihn von neuem blosslegt.

Die Windmulden der Triebsandstreifen unsrer Dünengebiete sind gewissermassen Analoga hierzu; es sind die Prallstellen der Winde.

Die geschilderten Eigenschaften des Triebsandes erklären sich nun einfach. Die nie ganz fehlende Bewegung des Grundwasserstromes verringert den Druck der Körner und damit deren gegenseitige Reibung, welche ohnehin im Wasser kleiner als in der Luft ist. Die auf eine kleine Fläche drückende Last eines Pferdes, Menschen, Steines vermag diese Reibung zu überwinden und drängt somit einen Teil des Sandes bei Seite. Die bei den Bemühungen, sich herauszuarbeiten, unvermeidlichen Bewegungen der Füsse erzeugen unmittelbar neben und unter den Füssen im Grundwasser kleine Wirbel und Ströme, welche das seitliche Ausweichen der Sandkörner noch mehr erleichtern und beschleunigen, sodass ein bis zu gewisser Tiefe eingebrochenes Tier um so schneller versinkt, je mehr es zappelt.

§ 29.

Die untere Stufendüne. Der in § 22 erwähnte Wall, den die Winde vor dem Graben aufhäufen, erscheint auch am Rande der Triebsandstreifen in Gestalt kleiner, 1—3 m hoher Dünenketten, welche sowohl den Triebsand als die windwärts davorliegende Platte überragen, mithin ursprünglich nicht eigentliche, beim Abblasen übrig gebliebene Kupsten, sondern aufgeschüttete kleine Dünen sind, welche freilich schon wenige Jahre nach ihrer durch Sandgräser und Weidengestrüpp begünstigten Entstehung wieder der Zerstörung anheimfallen und dadurch zu wirklichen Kupsten werden (Abb. 32. 33).

Ich bezeichne dieselben als untere Stufendünen und finde analoge Gebilde auch anderwärts im Küstengebiete wie im Binnenlande.

Wo Stromthäler beim Einschneiden breite, sandige Terrassen (Thalsande) hinterlassen haben, da können sich solche Stufendünen zu noch grösserer Höhe entwickeln, weil das benachbarte hochaufragende Thalgehänge, welches die Windmulde und damit die Ausgestaltung der Stufendüne bedingt, festliegt, während auf der Nehrung die hohe Düne landeinwärts wandert und mit ihr die Windmulde.

Am Südrande des Blattes Marienwerder (G.-A. 33 No. 16) der geologischen Spezialkarte von Preussen hat Verf. bei Rospitz eine

solche Stufendüne von 7 m Höhe dargestellt. Ihre Breite beträgt 140 m, wovon 4/5 auf die Luvseite, 1/5 auf die Leeseite kommt. Sie erhebt sich auf 20—21 m über dem Meere aus Thalsand der Weichsel, welcher bis zu ihrem Westfusse hoch übertorft ist, mithin kein Fortwachsen gestattet. 70—90 m östlich von ihrem Ostfusse beginnt das Thalgehänge, welches bereits 110 m östlich vom Dünenfusse die Höhe der Düne erreicht und dann zunächst 250 m weit auf 56 m, dann langsam auf 70 m Meereshöhe ansteigt. So konnte sich zwischen Stufendüne und Thalgehänge eine grabenartige Windmulde von 70 bis 90 m Breite entwickeln, deren Sohle Humusbildungen erzeugt.

Auch die Kärtchen der Gegend von Berlin (Abb. 63) und von Rehhof im Weichselthale (Abb. 42) lassen sowohl untere als obere Stufendünen erkennen. Wenn E. Reclus von der ligurischen Küste Dünen erwähnt, welche von der höher aufragenden Felswand stets durch eine Art Graben getrennt sind, so bestätigt dies nur die Gesetzmässigkeit dieser Bildung „unterer Stufendünen".

§ 30.

Die obere Stufendüne und die Gehängedüne. An jedem Gehänge erzeugt der schräge gegen dasselbe wehende Wind Luftwirbel, deren Durchmesser und Geschwindigkeit von der Höhe und Neigung des Gehänges, der Windstärke und Windrichtung abhängt. Diese Wirbel erreichen in ihrer Peripherie eine viel grössere Geschwindigkeit, als die Gesamtgeschwindigkeit des Windes beträgt.

So lösen sie in heftigen, nach gewissen Zeitintervallen einsetzenden Stössen die am Gehänge liegenden trockenen Sandkörner los und wirbeln sie in Spiralen höher und höher, bis dieselben die Grenze jener Luftschicht erreichen, welche über die Oberkante des Gehänges hinwegstreichen kann. Hier werden sie noch wenige Meter fortgeweht, um alsdann, aus dem Bereiche der Gehängewirbel herausgelangt, zum Boden niederzufallen und so die Oberkante des Thalgehänges zu erhöhen. Auf letzteres setzt sich also, wo Sand vorhanden ist, ein aus Flugsand bestehender Randwall auf, der eine gesetzmässige Lage hat und den ich deshalb als obere Stufendüne bezeichne. Am deutlichsten wird diese an hohen, sandreichen Gehängen auftreten, welche ihren Abhang der herrschenden Windrichtung entgegen, also in Deutschland nach Westen oder Südwesten, richten. So entsteht durch äolische Wirkung eine Asymmetrie der Flussthäler.

Am preussischen Weichselthale ist diese Erscheinung schön zu beobachten. Obwohl dessen linker Seite die Stufendünen nicht fehlen, da ja zeitweise auch östliche Winde auftreten, ist doch ganz besonders

die rechte Seite reich an solchen, welche die Oberkante der 50—60 m hohen Böschungen überhöhen, wo man selbst bei mässigem Winde an Gesicht und Händen den überwirbelnden Sand wie Nadelstiche empfindet.

Genau ebenso bilden sich obere Stufendünen auf den Oberkanten der Kliffküsten, z. B. bei Rauschen im Samland und auf Sylt in Schleswig. Hier, an dem als wichtiges Beispiel oft erwähnten Roten

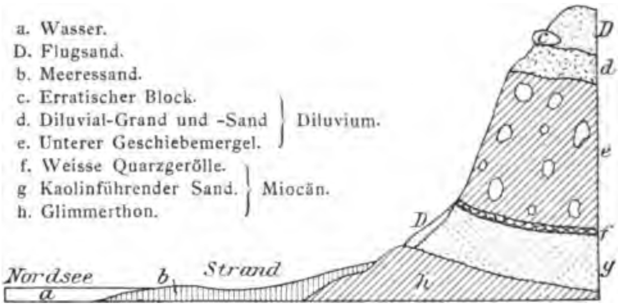


Abb. 34. Geologisches Profil des Roten Kliffs auf Sylt (nach L. Meyn).

Kliff (Abb. 34, vergl. auch Abb. 7, 10 und 12), ragt das Diluvium etwa 20 m hoch über das Meer. Darüber aber türmen sich noch 10—20 m Dünenmassen auf, die oft als Beweis dafür angeführt werden, dass einst die Insel viel weiter westlich reichte und ein viel niedrigeres Kliff besass, auf welchem die Dünen emporklimmen konnten.

Obwohl letztere Thatsache zweifellos ist, ist es doch ebenso zweifellos, dass Sandkörner auch ein 20 m hohes Steilgehänge wirbelnd zu ersteigen vermögen, zumal an einer den Weststürmen offenen Küste.

Unser Profil, ebenso wie die Photographie (Abb. 10), zeigt, dass auch am Fuss des Gehänges eine Ansammlung von Flugsand stattfindet. Auf Sylt durch Anpflanzungen geschützt, ist diese anderwärts schneller Vernichtung preisgegeben. Sie entsteht dadurch, dass beim Abstillen der Wind die untere Stufendüne nach der Böschung zu drängt, ganz wie am Fusse der Vordüne auf Nehrungen (Abb. 22).

Häufen sich vor einem Gehänge grössere Flugsandmassen an, so können sie dieses völlig oder doch so weit verhüllen, dass es nur an einzelnen kleinen Stellen noch hindurchleuchtet.

Am rechten Weichselgehänge zwischen Graudenz und Marienburg (Abb. 35) konnte Verfasser diesen Fall gelegentlich der Aufnahme der geologischen Spezialkarte in grosser Ausdehnung feststellen. Von der 20—22 m hohen Thalsohle steigt hier der Flugsand bis 110 m Meereshöhe auf, wo er als 5—7 m hoher Wall auf die sanftwellige Diluvialplatte abfällt. Der obere Wall ist also die „obere Stufendüne“.

Westlich derselben liegt eine „Gehängedüne“, welche im allgemeinen aus steinfreiem Flugsande besteht und fast punktförmig diluvialen Sand, Thonmergel und Geschiebemergel hindurchblicken lässt.

Ganz entsprechende Stufen- und Gehängedünen finden wir im Küstengebiete dort, wo vor einem Kliff die durch den Küstenstrom

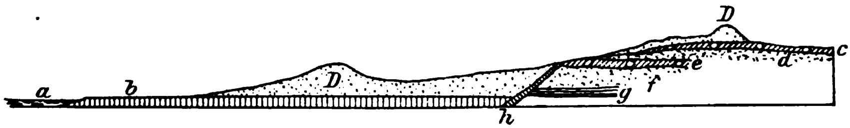


Abb. 35. Geologisches Profil durch das rechte Gehänge des Weichselthales, etwa 2 Meilen nördlich Graudenz (A. J.).

a. Torf, Humus, Flusssand und Schlick.
D. Flugsand.
b. Thalsand.
c. Oberer Geschiebemergel.
d. f. Unterer Diluvialsand und Mergelsand.
e. Unterer Geschiebemergel,
g. Diluvialer Thonmergel.
h. Abrutschmassen des Thalgehänges.

bewirkte Sandanschwemmung zunimmt, so dass der Strand nach dem Meere vordringt. Abb. 36 zeigt ein Beispiel dafür von dem nördlichsten Teile der deutschen Küste. So ist es an Diluvialgehängen und an solchen Felsgehängen, an welchen lose Sandkörner vorkommen oder durch Verwitterung entstehen.

Auch kleine und grosse Dünen aller Art tragen am Rande der Windrisse oft obere Stufendünen, an denen unter Umständen Sand-

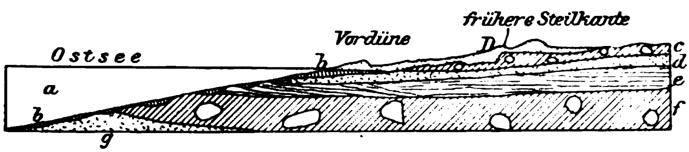


Abb. 36. Gehängedüne der Ostseeküste zwischen Memel und Krottingen (A. J.).

a. Wasser, D. Flugsand, b. Meeressand } Alluvium.
c. Oberer Geschiebemergel, d. Unterer Diluvialsand (Interglacial), e. Thonmergel, f. Unterer Geschiebemergel, g. Unterer Diluvialsand (Altglacial) } Diluvium.

gräser wuchern können. Abb. 29 lässt an der mittelsten Kupste die Spuren einer solchen erkennen. Doch erlangen diese parasitären Stufendünen nie grössere Ausdehnung und fast nie längern Bestand.

§ 31.

Die hohe Wanderdüne. Unter allen Dünengestalten nimmt die hohe Wanderdüne das höchste Interesse in Anspruch. Kahl und im Sonnenlichte fast schneeweiss unser Auge blendend, überragt sie hoch ihre gesamte Umgebung. Viele Meilen lang zieht sich ihr Rücken dahin, so weit das Auge reicht, und doch liegt sie nicht fest; langsam,

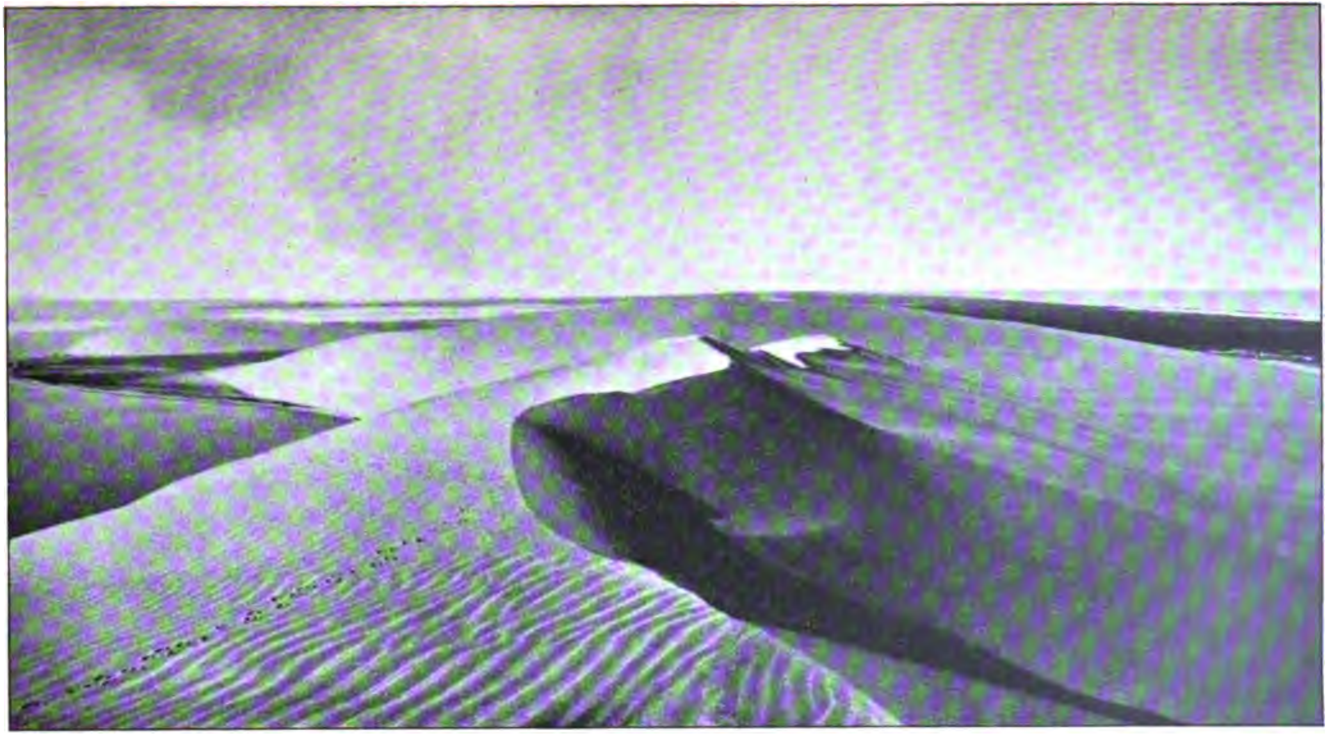


Abb. 37. Wanderdüne der kurischen Nehrung.
(Nach einer Aufnahme der Hofphotographen Gottheil & Sohn in Königsberg.)

aber schier unaufhaltsam dringt sie landeinwärts und verschüttet Seen und Flüsse, Wälder und Wiesen, Dörfer und Kirchen. Wie ein ungeheurer Grabhügel deckt sie eine vergangene Welt, um beim Weiterwandern deren Spuren in losen Gebeinen, Baumstümpfen und Mauerresten in trauriger Oede wieder an das Sonnenlicht treten zu lassen. Eine stete Gefahr für die Anwohner, ist sie es, welche die grössten Anstrengungen der Technik und der Staatsverwaltung für ihre Festlegung beansprucht.

Abb. 37 und 38 geben für Wanderdünen typische Beispiele von der kurischen Nehrung. Beide sind von Norden gesehen und zeigen die Gliederung der Nehrung in mehrere Gürtel: Von der rechts den Hintergrund bildenden Meeresfläche nach links, also mit dem Winde nach Osten gehend, erblicken wir in der Ferne als schmalen hellen Streifen die Leeseite der Vordüne; östlich davon eine breite, fast ebene Fläche, die Platte der Nehrung, welche hier, künstlich aufgeforstet, sich dunkel abhebt. Weiter östlich sehen wir, namentlich am rechten Rande der Abb. 37, die untere Stufendüne weissfleckig schimmern und dann kommt die kahle, hohe Wanderdüne.

Wo die Sandzufuhr reichlich ist, schneiden sich Luv- und Leeseite in einem scharfen Grat, in welchem der Sand so festgepresst liegt, dass man ohne allzu tiefes Einsinken leicht entlangzuschreiten vermag. An andern Stellen wird der Rücken breiter und nur einzelne Windmulden schneiden ein, an deren Rändern sich kürzere Grate von ähnlicher Schärfe ausbilden.

Wie diese mit Windwirbeln und Rippelmarken in Beziehung stehen, ist § 21 gezeigt worden.

An russischen Dünen beobachtete Sokolow stellenweise völlig horizontale Gipfelflächen. Einspringende Kanten können auf der Luvseite der Wanderdüne durch Aufschüttung dann entstehen, wenn die Sandmassen nicht quer zum Hauptkamm, sondern entlang desselben fortgerollt werden.

Die höchsten Wanderdünen Europas finden sich, soweit sichere Messungen vorliegen, auf der kurischen Nehrung. Hier ist bei Nidden der Urbo-Kalns, welcher den Leuchtturm trägt, 50,52 m über Mittelwasser der Ostsee hoch; 822 m nördlicher der Ango-Kalns 57,99 m; die befestigte Wanderdüne bei Station 9 zwischen Memel und Schwarzort 56,5 m; der Petschberg bei Pillkoppen, welcher 1890 befestigt wurde, ungefähr 62,5 m; die noch unbefestigte Wanderdüne südlich desselben ungefähr 60 m. Die Dünen der frischen Nehrung erreichen im Kameelrücken bei Kahlberg 52 m; diejenigen Pommerns an der Stilobake östlich von Leba 45,4 m und am Leuchtturm von Scholpin (am Westende des Leba-Sees) 55,7 m.

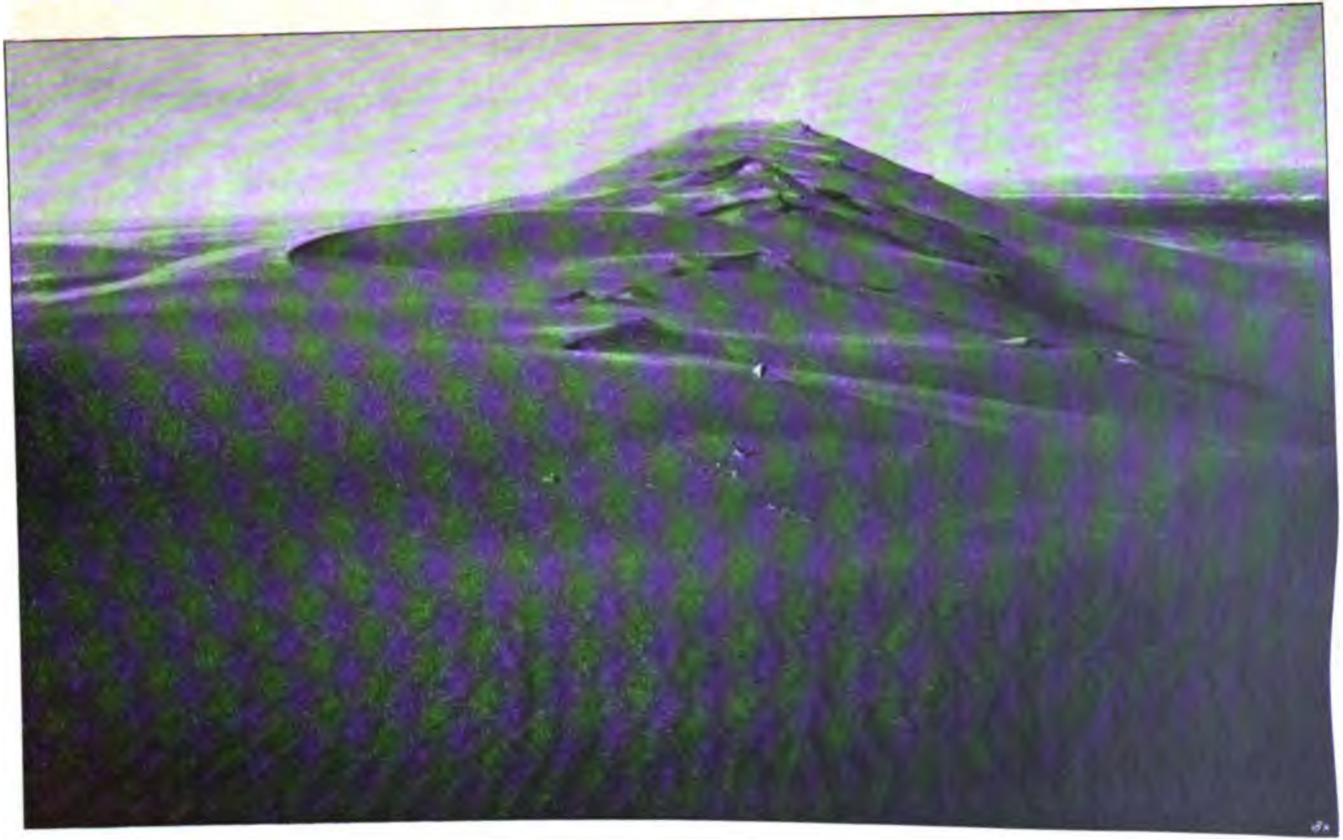


Abb. 38. Wanderdüne der kurischen Nehrung.
(Nach einer Aufnahme der Hofphotographen Gottheil & Sohn in Königsberg.)

Die übrigen Dünen der Ost- und Nordsee sind niedriger. Beispielsweise erreichen sie auf der Halbinsel Hela nur 25 m, in Jütland 30 m. Auf der Insel Sylt ragen zwar Dünen bis 48 m hoch, doch liegen dieselben auf diluvialem Kern.

Ueber die Höhe ausländischer Dünen sind vielfach unrichtige Angaben verbreitet. So sind die Dünen der Gascogne nach der ältern Angabe von E. Reclus 89 m, nach der neuern, durch Gerhardt bestätigten Angabe von Grandjean nur 45—50 m hoch; die Dünen der Niederlande erreichen nach Gerhardt bei Petten 35 m, nach einer ältern Angabe von Penck 60 m.

Nach Angaben, welche Verfasser nicht zu kontrollieren vermag, sollen die Dünen in Andalusien (Arenas gordas), Provinz Huelva, 113 m, auf Madagaskar bei Kap St. Marie 140 m, an den Küsten von Tunis und Tripolis bis zu 200 m, an den Südküsten Australiens bis über 100 m Höhe erreichen.

Ihre grösste Entwickelung haben Wanderdünen in den Wüstengebieten der Erde. In der Sahara bedecken die Dünen zwischen der libyschen Wüste und dem Atlantic etwa $^1/_9$ der Fläche und sind am mächtigsten im Norden. Am bekanntesten ist der 120 000 qkm grosse „Erg“ zwischen 20° bis 34° NBr. und 4° WL. bis 8° ÖL (v. Greenw.). Nach SW setzt sich das Sandgebiet des Erg (welches indes von kilometerbreiten sandfreien Stellen durchbrochen wird) in die Dünen von Iguidi fort; im SO befindet sich die Dünenregion von Edeyen. Die Dünen der Sahara sollen 150—200 m, bei Ghadames 500 m hoch sein, doch bedürfen diese Zahlen der Bestätigung.

Die Luvseite der Wanderdüne hat eine Neigung von 4° 40′ bis 14°, im Mittel etwa 7°. Näheres darüber bietet Abschnitt II § 15.

Im allgemeinen verhält sich die Luvseite der Wanderdüne wie der Rand einer grossen Windmulde, die nach oben zu steiler wird.

Ueber dem Triebsand beginnt sie mit einer ziemlich deutlichen Hohlkante, doch flach ansteigend; dann wird, wie auch die Bilder erkennen lassen, die Steigung allmählich steiler, soweit nicht durch kleinere, anders orientierte Windmulden der Gipfel abgeflacht oder abgerundet wird. Im letztern Falle bildet sich wohl ein Grat jenseits des höchsten Gipfels aus, von diesem durch eine weite flache Mulde getrennt.

So stellt sich die äussere Form der Luvseite und des Gipfels der Wanderdüne dar als Gebilde einer Wechselwirkung zwischen abblasender und herbeiwälzender Thätigkeit des Windes.

Besonders deutlich zeigt sich diese Wechselwirkung nach Regenwetter (Abb. 33). Dann werden natürlich die feinern Sande etwas früher unbeweglich als die groben. Dunklere abgeblasene Flächen

wechseln dann auf der Luvseite der Wanderdüne mit hellern Streifen, die aus dem Sande der davorliegenden schmalen Windmulden in geringer Höhe aufgeschüttet sind, um nach wenigen Stunden oder Tagen von neuem zu wandern.

§ 32.

Die Leeseite der Wanderdüne. Die Leeseite der Wanderdüne ist stets steiler als die Luvseite. Wird sie ausschliesslich durch das Herabrieseln des auf der Luvseite emporgerollten Sandes gestaltet, so entspricht ihre Neigung ziemlich genau dem natürlichen Böschungswinkel des Sandes, nämlich 28 bis 33°. Sie heisst dann Sturzdüne. (Vgl. II. Abschn. § 6).

Die Beobachtung lehrt indes, dass auch steilere Winkel vorkommen; schon Hagen beobachtete einmal 41°. An allen solchen steilern Stellen zeigt sich der Sand etwas feucht und dadurch gefestigt und seine Oberfläche schneidet Schichten verschieden groben und zugleich verschieden feuchten Sandes ab. Hier hat also Deflation stattgefunden und unvermeidlich muss diese zeitweise an jeder Sturzdüne eintreten.

Stösst ein Landwind auf eine im natürlichen Böschungswinkel geneigte Sandhalde, so wird er dieselbe genau so unterkehlen wie ein Thalgehänge. Dadurch wird der Fuss der Sturzdüne flacher, ihr oberer Teil steiler und es entsteht jene scharfe Kante, welche Abb. 37 zeigt. Springt nun der Wind um und wird zum Seewind, so findet der von der Luvseite heranrollende Wind zunächst hinter der Kante eine zu steile Böschung, auf deren Schichtenköpfen er mehrere Meter tief schnell herabrollt, um zunächst die in mittlerer Höhe der Sturzdüne entstandene flache Auskehlung mit ganz lockerm Sande, in welchen der Wanderer fast knietief einsinkt, aufzufüllen, bis schliesslich die natürliche Böschungsebene wiederhergestellt ist. So wechselt auch an der Leeseite Abtrag und Auftrag in kürzern und längern Perioden. Während der Zeit des Abtrags, also bei Landwind, muss sich über dem Grate der Keim einer obern Stufendüne bilden, die aber nach kurzer Zeit vom Seewinde überwältigt, vernichtet und in den Abgrund der Sturzdüne gestürzt wird. Auch Gestaltung, Erhöhung und Wandern des Dünengipfels sind also Resultanten verschieden gerichteter Bewegungen.

§ 33.

Windbahnen. Streicht der Wind schräg über ein Vordünensystem, also über nahezu parallele Dünenketten, so entstehen in dem zwischenliegenden Dünenthal Luftwirbel, welche mit annähernd

horizontaler Achse in der Länge desselben fortrollen. Das Thal verbreitert und vertieft sich also, während die Gehänge der begrenzenden Dünenketten angeschnitten werden. Der ausgewehte Sand erhöht zunächst diese Dünenketten, doch einseitig, der vorherrschenden Windrichtung entsprechend.

Ueberragt ein Dünenthal an Breite seine Nachbarn, so wird es diese bei seiner Verbreiterung überwältigen, bis eine Dünenkette sich auf die nächste wälzt und diese erhöht. 100 Dünenketten von je 6 m Höhe müssten sich auf einander häufen, um eine einzige Wanderdüne von 60 m Höhe zu bilden. Diese ist also das Ergebnis langer geologischer Arbeit, des Uebereinanderwanderns zahlreicher Dünen, von denen viele einen weiten Weg zurücklegen mussten.

Zwischen den Vordünen und der hohen Wanderdüne liegt auf der kurischen Nehrung, wie an vielen andern Orten, eine breite ebene Fläche, die „Platte“ der Nehrung, die, wo nicht künstliche Aufforstung stattfand, eine nur dürftige Rasendecke trägt. Man betrachtet sie als die Wanderbahn der Düne und stellt sich vor, dass die Wanderdüne über dieselbe allmählich landwärts wanderte, wobei der Sand so tief abgeblasen wurde, als der ebene Grundwasserspiegel erlaubte. Indes liegt die Platte stets höher als der Triebsand und man kann sich nicht vorstellen, wie ein nur fortschreitend gedachter Seewind unmittelbar hinter den schützenden Vordünen eine wenige 100 m lange, aber viele Kilometer breite Platte völlig eben abblasen soll.

Hier bietet wieder die Wirbeltheorie eine einfache Erklärung: Die von Westen oder Südwesten kommenden Winde stossen auf die Luvseite der hohen Düne, blasen vor ihr jenen Graben aus, welcher so oft als Triebsand erscheint, und verwenden eine Komponente ihrer Kraft zur Bildung von Wirbeln, welche zwischen Vordüne und Wanderdüne in meilenlanger Bahn sich nach Norden rollen und nach der ganzen Art ihrer Bewegung eine einebnende, abhobelnde Wirkung ausüben müssen. Dabei sind die annähernd wagerechten Achsen der Windrollen schräg zur Längsrichtung der Platte gestellt. Die von dieser abgelösten Sandkörner wälzen sich demnach schräg zur Thalrichtung nach NO, also schräg an den Luvseiten der hohen Düne hinauf. Das Studium der Windrippelmarken wird weiteres Licht über diese Vorgänge verbreiten. (Vergl. § 53 betr. Windbahnen der Wüste.)

§ 34.

Dünenhaken. Dem Fusse der Sturzdüne sind oft schmälere oder breitere Flugsandebenen vorgelagert. Sie sind es, welche auf allen Nehrungen die Dörfer tragen (Abb. 39), soweit diese nicht wie



Abb. 39. Purwien bei Nidden auf der kurischen Nehrung. (Aufnahme von Gerhardt 1898.)

Rossitten auf Diluvialinseln liegen. In seltenen Fällen sind sie, nebst Teilen der Sturzdünen, mit Wald besetzt, wie bei Schwarzort (Abb. 40); gewöhnlich tragen sie nur dürre Gräser und niedere Kräuter in dünner, unzusammenhängender Decke, mageres Ackerland oder auch, bei tieferer Lage, saure Wiesen.

Auf jeder Karte der Nehrung und andrer hoher Dünenketten erblickt man Ausbiegungen der Binnenküste, welche seit langem als Haken bezeichnet werden. Das Kärtchen Abb. 31 zeigt die fast dreieckige Gestalt eines solchen Hakens (des Neegelnschen Hakens zwischen Schwarzort und Perwelk) im Grundriss.

Diese Haken setzen sich meist als Sandbänke weit in das flache Wasser der Haffe fort. Wo sie hinreichende Breite erlangen, entwickeln sich auf ihnen kleine Dünen, die zu dem Haff eine ähnliche Stellung einnehmen wie die Vordünen zum Meere und zu dessen Strandwall.

Der Sand, aus welchem diese Haken sich aufbauen, stammt von den Wanderdünen, und zwar teils aus deren Querthälern (den passartigen Windausrissen), teils von der Sandhalde der Sturzdüne, an welcher der Wind zeitweise entlangstreicht. Der letztgenannte Zusammenhang bewirkt es, dass Haken sich besonders dort ausbilden, wo der hohe Dünenkamm eine andere Richtung annimmt.

An solchen Stellen tritt nicht nur der aus dem Windriss quer zur Wanderdüne blasende Wind, sondern auch der an der Sturzdüne entlangstreichende Haffwind plötzlich in eine Weitung und muss den mitgeführten Sand in Gestalt eines Hakens fallen lassen, der sowohl die flache Vorebene als auch die hier sanfter geneigte Sturzdüne allmählich wie eine Nase vorschiebt.

Diese Haken entstehen also durch vorbeistreichende Winde ganz analog den in § 17 geschilderten, allgemein bekannten Haken, welche an Kliffküsten durch vorbeistreichende Meeresströmungen gebildet werden. Man wird letztere als Kliffhaken von den Dünenhaken zu unterscheiden haben.

Eine andere, zwerghaft kleine Hakenbildung beobachtete Verfasser am Haffufer dicht unter der Sturzdüne südlich von Nidden. In grosser Zahl zeigten sich hier schmale Haken von wenigen Schritten Länge, deren Abstände auf eine gewisse Strecke annähernd gleich blieben. Diese Erscheinung ist, analog den äquidistanten Rippelmarken aus der Wellentheorie zu erklären.

§ 35.

Die gebrochene Leeseite. Nähert sich die Wanderdüne einem minder hohen, tafelförmigen Hindernis, z. B. einem geschlossenen



Abb. 40. Schwarzort, von Süden gesehen. (Aufnahme von Gerhardt i. J. 1898.)

Walde, so wird ihre sonst gleichmässige Böschung durch eine Kante unterbrochen. Unmittelbar hinter dem Walde liegt dann ein windstiller Raum, in welchem der Sand genau im natürlichen Böschungswinkel herabrieselt. Ueber dem Walde aber braust der Wind mit verstärkter Gewalt dahin, fegt den oberen Teil der Leeseite ab und giebt ihm einen Neigungswinkel, welcher zwischen dem der normalen Luv- und Leeseiten liegt; der losgewirbelte Sand fällt am jenseitigen (hier dem nördlichen) Ende des Waldes in grössten Massen auf die Leeseite und lässt dort die Düne hakenartig um so schneller vor-



Abb. 41. Versandender Wald bei Schwarzort.
(Nach Berendts Zeichnung vom Jahre 1868.)

rücken, den Rand des Waldes allmählich verschüttend. Eine Windmulde erzeugt die Kante (Abb. 41).

§ 36.

Dünenriegel. Eine den Dünenhaken entsprechende Bildung entsteht auch an der Luvseite der Dünen. Sie unterbricht dann die Triebsandstreifen in Gestalt eines wenige Fuss hohen, schmalen Rückens, der Menschen und Tieren als Brücke dient, um von der Platte der Nehrung die Wanderdünen zu erreichen. Es ist aber gleichzeitig eine Brücke für den rollenden Sand, da nur wirbelnder Sand den Triebsandstreifen unmittelbar zu überschreiten vermag. Bei Thaldünen erstrecken sich solche Dünenriegel, als lange schmale Rücken vom Thalgehänge quer zur Thalrichtung kilometerlang und verbinden bisweilen die untere Stufendüne oder deren kurzen Rest wie ein Riegel mit dem Gehänge.

Im Grundriss ergiebt dies die Gestalt eines **T** oder eines Hammers, bei welchem die Stufendüne den Hammer, der Dünenriegel den Hammerstiel bildet. Die Stellung zur Gehängedüne oder zum Thalgehänge ist dann ⊥⎯⎯⊥

Alle Dünenriegel bleiben, wie die Haken, an Höhe bedeutend hinter dem nächsten Gehänge zurück.

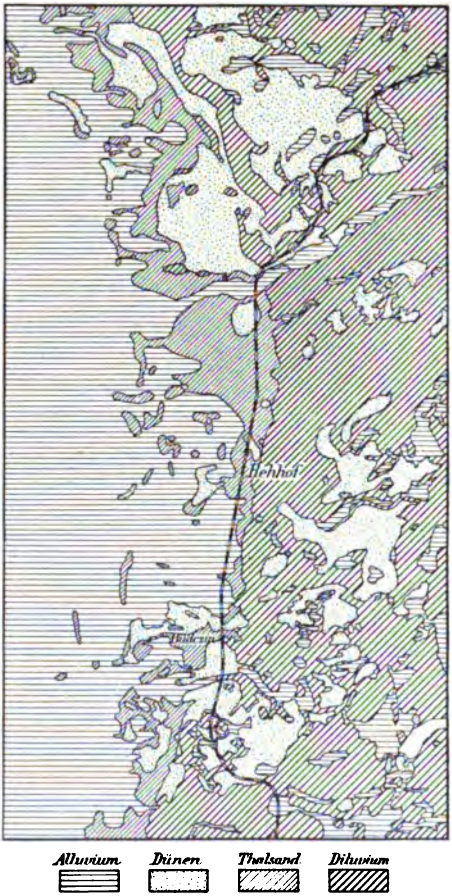


Abb. 42. Gegend von Rehhof, Kreis Stuhm (A. J.) 1 : 100 000.
Nach der geologischen Spezialkarte von Preussen, Blatt Rehhof (Gr. A. 33 No. 10), aufgenommen vom Verfasser 1883. (Die eingeebneten Teile des Dünensandes sind mit dem Thalsande vereint.)

Bei Rehhof, Kreis Stuhm (Abb. 42), sah Verfasser diese Riegelbildung zuerst und fand sie dann bei der geologischen Spezialkartierung des Weichselthales recht verbreitet. Verwandte Riegel finden sich nach den Karten auch bei anderen Thaldünen.

§ 37.

Einzeldünen. Windrisse haben, auch wo sie als Querthäler auftreten, die Neigung, sich zu vertiefen. Bei Pillkoppen reicht z. B. ein solches Querthal bis zur Platte der kurischen Nehrung herab. So kann ein langer Dünenkamm in einzelne Stücke zerschnitten werden, deren jedes getrennt weiter wandert.

Einzeldünen entstehen mithin als „Zeugen“ zerstörter Dünenketten, können aber auch selbständig heranwachsen, wo bei reichlicher Sandzufuhr der Wind öfter wechselt, wie dies auf grösseren Dünenhaken der Fall ist. Teilweise sitzen sie auf der flachen Ebene eines Hakens als hakenförmiger Ausläufer der Sturzdüne oder als Rest

einer solchen, z. B. dicht nördlich von Perwelk auf der kurischen Nehrung sowie zwischen Nidden und Preil. Halten sich die Winde verschiedener Richtung annähernd das Gleichgewicht, so mag die Düne einen rundlichen Grundriss annehmen.

Ueberwiegt aber eine Windrichtung, so wandert die Einzeldüne an ihren niedrigen Stellen schneller als an den hohen, wodurch sich die Seiten flügelartig in der Windrichtung verschleppen. Der runde Berg bei Rossitten (Abb. 43) war dafür ein Beispiel, das die bezeichnende Kratergestalt besonders schön erkennen liess. Gegen-



Abb. 43. Der runde Berg bei Rossitten von der Haffseite. (Nach Berendt 1868.)

wärtig ist derselbe zugerundet, vergl. II. Abschn. § 12. Aehnliche Einzelberge sind bei Rossitten der Walgum-Berg, der lange Plick, der Pewell-Berg und der schwarze Berg, welcher 1898 nach Gerhardts Nivellement 40,6 m Höhe hatte und gegenwärtig die Sichelgestalt zeigt (Abb. 44). Ganz ähnliche Zirkusformen, die Verfasser als konvexe Einzeldünen (Sicheldünen) bezeichnen möchte, finden sich auch in der Gascogne bei Arcachon und La Teste, an den Mündungen der Garonne, in der Gegend von Soulac und Verdon. Windwirbel sind an der Ausgestaltung der kraterähnlichen Leeseite beteiligt. Auch die Enden einer Dünenkette biegen in genau entsprechender Weise um. Halbkreisförmige Einzeldünen entgegengesetzter Krümmung, bei welchen also im Grundriss der konvexe Bogen auf der Leeseite, der konkave auf der Luvseite liegt, kommen nach Sokolov am finischen und Rigaer Meerbusen und am kurländischen Ufer der Ostsee vor, sind aber aus Deutschland nicht bekannt. Verfasser möchte sie als konkave Einzeldünen unterscheiden. Sokolow, der einzige Beobachter dieser Gestalt, erklärt ihre Entstehung durch den Schutz, welchen Gesträuch den untern Teilen der dortigen Luvseiten gewährt,

während die Gipfel, der vollen Gewalt der Winde preisgegeben, schneller wandern.

Kleine Einzeldünen verschiedenster Gestalt finden sich als Festlandsdünen weit verbreitet, z. B. auf den Diluvialsanden des norddeutschen Flachlands. Sie bezeichnen hier zunächst die Ränder von Windmulden, die in den Diluvialsand eingeschnitten sind, können aber auch über sandige und lehmige Diluvialböden weithin wandern, wie z. B. das Kärtchen der Umgegend Berlins (Abb. 63) erkennen lässt, wo Untere und Obere Stufendünen, Gehängedünen, Dünenriegel und Einzeldünen sich bildeten und teilweise wanderten.

§ 38.

Barchane. Konvexe Dünen (Sicheldünen) kommen scharenweise in allen Sandwüsten vor. In Russland sind sie von der Wolga bis nach Central-Asien weit verbreitet. Ihr dortiger Name Barchane dient allgemein zur Bezeichnung konvexer Wüstendünen. In der Sahara werden sie Siuf (Sing. sif) oder Ghurûd (Sing. Ghard), in Mittelarabien Fuldjes genannt, in Südamerika Médanos. Besonders merkwürdig ist der Umstand, dass sie zwar manchmal einzeln, meist aber in Scharen auftreten, welche sich in der Längsrichtung des herrschenden Windes ordnen und bewegen. Sie finden sich auch in der südlichen Mongolei, in Beludschistan und in der Wüste Atacama. Die Luvseiten haben bis etwa 10°, die Leeseiten meist 30—33°, ausnahmsweise bis 38° Neigung. Ihre Höhe ist gering; sie beträgt bei Astrachan 2,5—3 m, in der Wüste Karakum 3—4 m, in der Sahara bis 10 m, ausnahmsweise 15 m. Sie können sehr schnell wandern (angeblich bis 16 km in der Lebenszeit eines alten Mannes).

Bisweilen ordnen sich die Barchane zu Erhebungen mit sternförmigem Grundriss, welche in der Sahara Agrad (Sing. Ghurd) heissen und angeblich bis 150 m Höhe erreichen sollen.

D. Strukturen und Nebenerscheinungen.

§ 39.

Diagonalschichtung. Jeder Dünensand ist geschichtet. Im allgemeinen beruht die Schichtung zunächst auf einem Wechsel gröberer und feinerer Sande. Wo aber, wie bei allen deutschen Dünen, der Sand aus verschiedenen Mineralien gemischt ist, sondern sich diese, wenngleich niemals vollständig, nach dem spezifischen Gewicht. So



Abb. 44. Der schwarze Berg bei Rossitten vom langen Plick aus im Jahre 1898. (Aufnahme von Gerhardt.)

sieht man helle Schichten aus fast reinen groben Quarzkörnern wechseln mit dunklern von Titaneisensand bezw. Granatsand (Streusand).

Dieser Wechsel verleiht dem Bilde unsrer kahlen Dünen einen eignen Reiz. Je nachdem Quarzsand oder Titaneisensand an der Oberfläche vorwiegt, wechseln die Farben von blendendem weisslichem Gelb in violettes Grau, und zumal bei tiefstehender Sonne häufen sich die Farbengegensätze auf dem weithinziehenden Dünenkamme oft entzückend.

Wie aus dem Abb. 17 entworfenen Schema ersichtlich, bilden sich neue Schichten vorwiegend an der Luvseite und werden dann, etwa 30° einfallend, an der Luvseite der fortschreitenden Düne abgeblasen, so dass die Schichtenköpfe dort etwa $30^0 + 10^0 = 40^0$ in die Sandebene einfallen.

Wo die Düne ihre Wanderrichtung verändert hat, müssen die an den Leeseiten gebildeten Schichten in Winkeln aufeinanderliegen.

Doch auch die Luvseite kann sich erhöhen, solange die Düne infolge reichlicher Sandzufuhr wächst. Dann liegen sanft ansteigende Sandschichten über den Schichtenköpfen 30° einfallender Schichten. Derartige Diagonalschichtung ist eine ganz gewöhnliche Erscheinung, die Verfasser wiederholt beobachtete und die aus vielen Dünengebieten berichtet wird. Am besten sieht man sie, wo Dünenketten durch das Meer oder Flüsse quer abgenagt werden, sowie an dem 20 m tiefen künstlichen Durchstich der Weichsel durch die frische Nehrung bei Nickelswalde. Wo aber das Meer die Langseite einer Düne benagt, da zeigen die Entblössungen der Dünen nur horizontale Schichtungslinien, weil oben die schrägen Schichtungs-

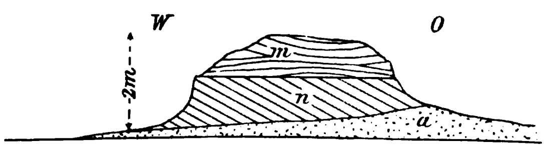


Abb. 45. Kupste der kurischen Nehrung [aus Abb. 46]. (A. J.)
n. ältester Dünensand, m. jüngerer Dünensand, a. angelagerter jüngster Dünensand.

flächen im Schichtenstreichen abgenagt werden, mithin horizontale Durchschnitte ergeben.

Auch an Kupsten sieht man Diagonalschichtung. Abb. 45 zeigt eine solche von der Luvseite der Wanderdüne auf der kurischen Nehrung. Man sieht (n) die mit 30° nach Osten fallenden Schichten der einstigen, jetzt längst überschütteten Sturzdüne und darüber (m) ein annähernd wagerechtes, minder regelmässiges Schichtensystem, welches z. T. der

Luvseite einer einst zeitweilig wachsenden Wanderdüne angehört, z. T. aber, wenigstens in seinen obersten, jüngsten Schichten, als kleine Stufendüne aufzufassen ist. Seitlich legt sich an den Fuss der Kupste der soeben frisch heranrollende Dünensand (a) der Luvseite.

§ 40.

Alte Waldböden, Heidenarben und Kulturschichten. Wenn schon die kahle Düne den Sand schichtet, so wird diese Schichtung

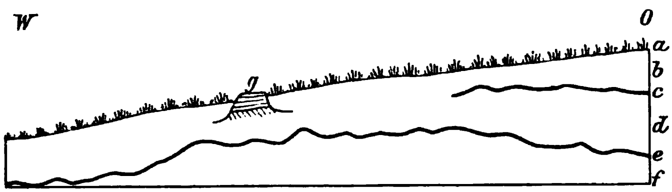


Abb. 46. Luvseite der hohen Düne südlich Nidden. (A. J. 1899.)
Schematische Ansicht: a. künstlich bepflanzter Dünensand, b. jüngster (kahler) Sand, c. alter Waldboden, d. älterer Sand, e. älterer Waldboden, f. ältester Dünensand, g. die in Abb. 45 abgebildete Kupste.

ausserordentlich deutlich, wo der Dünensand über fremdartige Gebilde hinwegschreitet. Unverletzt kommt nach Jahrzehnten, Jahrhunderten oder Jahrtausenden die humose Bodennarbe wieder zum Vorschein, aber auf der Luvseite, während sie vorher auf der Leeseite lag: die Düne ist über sie hinweggewandert. Mehrere Humusschichten können dann übereinander liegen, wie dies Abb. 46 zeigt. Indem sie an der Luvseite allmählich abgeweht werden, bilden sie eine reiche Fundstätte für die Denkmäler vergangener Zeiten. Zumal die kurische Nehrung ist als solche Fundstätte berühmt. Aus der jüngern Steinzeit (um das Jahr 1000 v. Chr.) finden wir dort Mahl- und Schleifsteine, Steinbeile und Pfeilspitzen, Topfscherben und Knochen als Küchenabfälle. Doch auch jüngere heidnische Zeiten haben an andern Stellen ihre Reste hinterlassen mit menschlichen Gebeinen, metallischem Zierrat, Glasperlen und kunstreichen Geweben. Ihnen reihen sich die Fundamente christlicher Wohnstätten und die Gebeine christlicher Kirchhöfe mit Sargnägeln und verrotteten Sargbrettern an, bis zu solchen, deren Alter nach beigegebenen Münzen in das 17. Jahrhundert zu setzen ist. So geben diese Fundstätten zugleich eine Chronologie und damit einen sichern Maassstab für das Wandern der Dünen. Ein besonderer Abschnitt ist diesen Erscheinungen gewidmet.

Entsprechende, wenngleich minder reiche Kulturreste finden sich noch in vielen andern Dünen. An der Weichsel und am Schwarz-

wasser sind z. B. die Windmulden der obern Stufendünen gewöhnliche Fundorte für neolithische Scherben, ebenso eine Windmulde bei Claussen am Arys-See in Masuren. Alter Waldboden oder wenigstens schwach humose Sandschichten ehemaliger Heidenarben finden sich örtlich in ungemein vielen Dünen. In kleinen Festlandsdünen gehören sie oft einer sehr nahen Vergangenheit an.

Der Waldboden bildet eine 5—30 cm mächtige Schicht humosen Sandes, die von Wurzeln durchzogen wird. Ueber ihm stehen die Baumstämme aufrecht im Sande, bei dessen Wegblasen sie allmählich zum Vorschein kommen, z. B. auf der kurischen Nehrung, zu Karwen bei Rixhöft in Westpreussen, in Hinterpommern und an vielen anderen Orten. Gewöhnlich, insbesondere auf der kurischen Nehrung, sind die Bäume derart verrottet, dass nur die Rinde, die Kiefernzapfen und die Astzapfen leidlich erhalten, das harzarme Holz aber in gelben, losen Mulm verwandelt ist, der vom Winde verweht wird. (Vergl. II. Abschnitt § 57.)

Aus dem weggewehten Waldboden c und e bleiben die festern Gegenstände auf dem kahlen Sande d oder f liegen und werden dort leicht gefunden, bis sie beim Fortschreiten der Düne im Triebsandstreifen versinken.



Abb. 47. Blitzröhre von der kurischen Nehrung. Original im Ostpreussisch. Provinzial-Museum.

§ 41.

Blitzröhren. Zu den merkwürdigsten Gegenständen, welche unterhalb des alten Waldbodens gefunden werden, gehören die Blitzröhren (Abb. 47). Sie entstanden dadurch, dass der Blitz einen Baum traf, in dessen Boden er sich verzweigte, bis er das Grundwasser erreichte. Hierbei konnte örtlich eine hohe Temperatur entstehen, welche den durch Alkalifeldspat und Kalkgehalt schmelzbar gemachten Quarzsand augenblicklich zu einer dünnwandigen, vielverzweigten und unregelmässig gerippten Röhre schmolz, welche innen, wo erhitzte Luft alle Körner verdrängte, glasglatt, aussen aber von angebackenen Sandkörnern rauh ist. Das Glas ist reich an Luftblasen; auch sind infolge der plötzlichen Erhitzung und Abkühlung viele Quarzkörner rissig oder oberflächlich getrübt. Beim Abblasen des Sandes zerbricht die Blitzröhre und man

findet ihre ein bis zwei Finger langen Stücke in grösserer Anzahl dicht nebeneinander.

Auch an den Weichseldünen, in Mecklenburg, Holland und vielen andern Dünen findet man Blitzröhren; schon Darwin beobachtete sie in den Dünen, welche die Laguna del Potrero von den Ufern des La Plata trennen. Bekannt sind diejenigen von Olkusz bei Krakau, welche wegen des dortigen schwerer schmelzbaren Quarzsandes sehr dünnwandig sind.

Blitzröhren kennt man auch in festem Gestein, zumal von den Gipfeln hoher Berge. Sie müssen auch in allerlei andern Böden entstehen, man findet sie aber nirgends so leicht und wohlerhalten wie in Dünengebieten, wo der Wind sie zwar zerbrochen, aber sonst unbeschädigt herauspräpariert. Durch Nachgraben an den Fundstellen kann man die tiefern Verzweigungen blosslegen.

§ 42.

Corrosion. Wirbelnder Sand greift die Oberflächen der Gesteine eigenartig an. Bekannt ist es, wie Glasscheiben durch Sandgebläse matt werden. Gesteine nehmen eine genarbte Oberfläche an, wobei entweder die ganze Oberfläche oder doch deren hervorragende härtere Körner geglättet erscheinen, als wären sie angeätzt oder gefirnisst. Die Beschaffenheit der vom Flugsand polierten Flächen ist sehr bezeichnend und lässt dieselben leicht von andern polierten Flächen, z. B. Gletscherschliffen, unterscheiden.

Auch die Asthölzer des alten Waldbodens zeigen, wie alle dort als Kulturreste liegenden Steine, die Spuren des Sandgebläses in eigenartigen Furchen und Rippen, die an künstliche Einschnürung erinnern. Sie nehmen dann, wie Verf. 1876 zeigte, auf natürlichem Wege ganz ebensolche Formen an, wie sie aus der Schweiz als Wetzikonstäbe beschrieben und als Beweise des interglacialen Menschen fälschlich betrachtet wurden.

Lebende Pflanzen, insbesondere Holzgewächse, leiden durch das Sandgebläse weit mehr als durch die Kraft des Sturmes an sich, soweit letzterer nicht zur Entwurzelung führt.

Wo in Kieswüsten Geschiebe oder einzelne Gesteinsstücke längere Zeit dem Sandgebläse ausgesetzt sind, schleift dieses eine nahezu ebene Fläche von der bezeichnenden Beschaffenheit an, während ein Teil des Geschiebes, im Sande eingebettet, unversehrt bleibt. Aendert sich die herrschende Windrichtung, so entsteht eine neue Sandschlifffläche, welche die ältere in einer scharfen Kante schneidet, das Geschiebe oder Gerölle wird zum Kanten-Geschiebe oder Kanten-

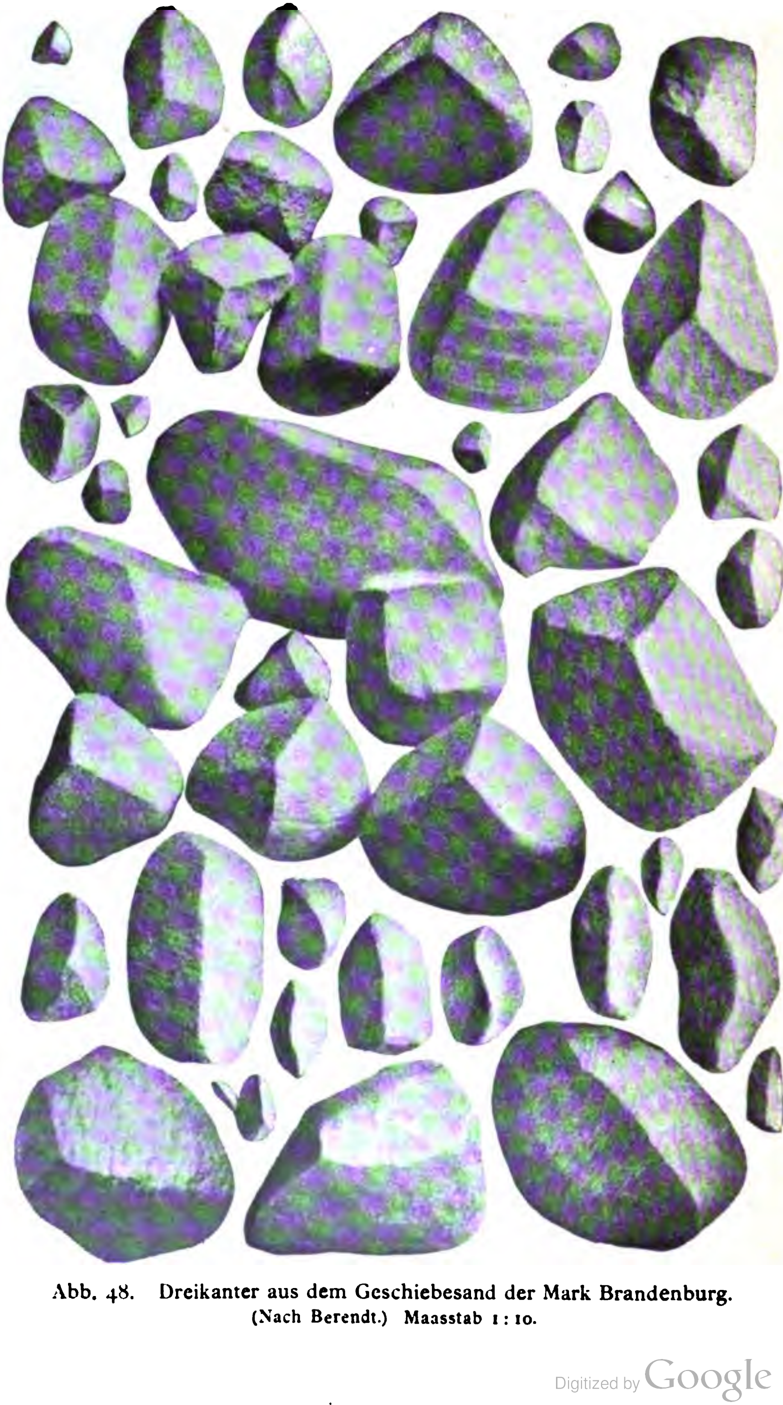


Abb. 48. Dreikanter aus dem Geschiebesand der Mark Brandenburg.
(Nach Berendt.) Maasstab 1 : 10.

Geröllc, bei nochmaligem Wechsel zum Pyramidal-Geschiebe oder Dreikanter.

Diese Dreikanter finden sich an zahllosen Orten, wo Geschiebe dem Sandgebläse unterlagen. Man kennt sie aus den afrikanischen Wüsten wie aus Schweden und Esthland, von Wien und Lyon wie von Neuseeland. Zuerst beobachtet wurden sie bei Dresden in der Dresdener Heide, dann in Holstein und bei Berlin; sie sind bezeichnend für den Geschiebesand, welcher in breitem Gürtel vor der grossen, das norddeutsche Flachland von Mecklenburg durch die Mark und Pommern bis Westpreussen durchziehenden Endmoräne nach Süden und Westen sich ausbreitet. (Abb. 48). Sie bedecken hier den Boden einer vom Winde ausgeblasenen Kieswüste, welche nach dem letzten Rückzuge des Landeises sich dort ausbreitete, bis milderes Klima und einwandernde Pflanzen sie allmählich mit einer schützenden Pflanzendecke überzogen, aus welcher der Mensch seitdem fruchtbare Gefilde gemacht hat. Der damals ausgewehte Staub fiel ausserhalb dieses Gürtels nieder und wurde von Pflanzen dort festgehalten, wo er nun als Löss erhalten ist. So bezeichnet der wenig fruchtbare Geschiebesand mit seinen Dreikantern einen Gürtel zwischen den Moränen und dem äussern Lössgürtel, mit welchem er, als einem gleichfalls äolischen Gebilde, in ursächlichem Zusammenhange steht.

Der Lössgürtel zieht sich von Belgien her durch Mittel- und Süddeutschland über Schlesien, Oesterreich und Galizien nach dem südlichen Russland, wo er, zumeist oberflächlich in Schwarzerde (Tschernosem) verwandelt, ein weites Gebiet bedeckt.

§ 43.

Aufpressungen. Schreitet an der Leeseite der Sand als flaches Vorland eines Dünenhakens über Torf und andere weiche Böden dahin, so drückt er sie etwas fester zusammen, ohne ihre Gestalt im übrigen wesentlich zu verändern. Etwas Wasser wird heraus gepresst; der Torf wird fester und der torfgründige Sandboden wird unter Umständen ein günstiger Pflanzen - Nährboden, ein natürliches Urbild der Moordammkultur, wie es Schumann von den pommerisch-westpreussischen Stranddünen westlich Rixhöft beschrieb.

Legt sich aber eine Sturzdüne unvermittelt auf Torf, so quillt dieser an ihrem Fusse gerade so wallartig hervor wie unter Eisenbahn- und Strassendämmen, welche auf mächtige Torflager geschüttet werden.

Der weiche, thonige Mergel am Boden des frischen und kurischen Haffs verhält sich in dieser Hinsicht ganz wie Torf und wird an zahl-



Abb. 49. Drummsack (aufgetriebener Haffmergel) an der frischen Nehrung. (Aufnahme von Gerhardt 1899.)

reichen Stellen von der Sturzdüne 3—5 m über den Haffspiegel emporgepresst.

Abb. 49 zeigt eine solche Aufpressung, welche man als Drummsack bezeichnet, von der frischen Nehrung, Abb. 50 eine ebensolche von der kurischen Nehrung. Das Kärtchen Abb. 31 zeigt die Lage dieser Drummsäcke (durch schräge Schraffen angedeutet) unter den steilsten Stellen der Sturzdüne.



Abb. 50. Aufgepresster Haffmergel von der Liebisbucht südlich Schwarzort. (Nach Berendt 1868.)

Die Abb. 51 und 52 zeigen das geologische Profil eines solchen Drummsackes südlich von Nidden. Zwei thonige Bänke von 0,7 bis 1,5 m Mächtigkeit, die über Haffsand liegen, bilden dort in kliffartigem Absturz das Haffufer und fallen unter die Sturzdüne ein. Die seit etwa hundert Jahren massenhaft in den preussischen Haffen lebende Muschel Dreissensia polymorpha liegt zwar vereinzelt, von Sturmfluten, Vögeln und Winden emporgetragen, auf dem Haffmergel und gelegentlich auch in dessen tief aufgerissenen Spalten, konnte aber nicht in der eigentlichen Schichtenmasse des Mergels gefunden werden, welcher im übrigen reichlich Süsswassertierreste (Ostracoden, Valvata, Bithynia, Limnaeus, Pisidium, Unio) sowie einzelne Pflanzenreste und Körnchen neugebildeter Blaueisenerde enthält. Dieser aufgepresste Haffboden muss mithin mehr als hundert Jahre alt sein.

Im Haff liegen kleine Geschiebe von Haffmergel, der also sich dem abnagenden Wasser gegenüber als ein, wenngleich weiches Gestein verhält. Abb. 52 lässt erkennen, wie der Haffboden allmählich in mehreren parallelen Wellen aufgepresst wird.

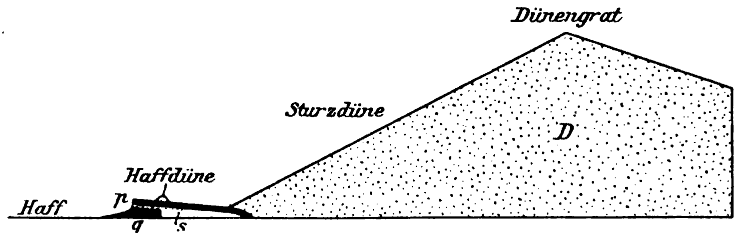


Abb. 51. Drummsack der kurischen Nehrung südlich Nidden. (A. J.)
Höhen und Längen 1:2500.

In Abb. 51 ist noch die kleine, mit Sandgräsern bestandene und fortwachsende Haffdüne bemerkenswert. Dieselbe hat zwar, dem Haffmergelkliff aufgesetzt, die Lage einer obern Stufendüne, muss aber hier vielmehr als untere Stufendüne zu der hoch darüber aufsteigenden Sturzdüne in Beziehung gebracht werden, deren zeitweilige Abblasung sie bestätigt. Den Böschungswinkel der letztern mass Verfasser zu

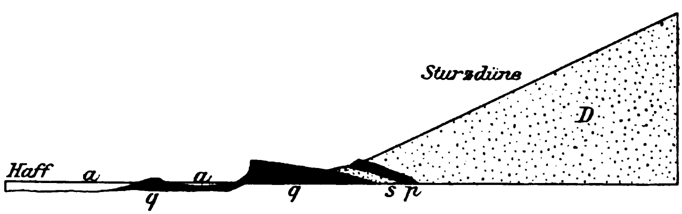


Abb. 52. Drummsack der kurischen Nehrung südlich Nidden. (A. J.)
Höhen und Längen 1:400.
In Abb. 51 und 52: a. Haffspiegel, D. Flugsand, p. q. Haffmergel, s. älterer Haffsand.

20 bis 22°, stellenweise bis 28°, an kleinern Stellen, wo Abblasung stattgefunden hatte, zu 30°.

§ 44.

Niederpressungen. Der zehn Atmosphären übersteigende Druck einer hohen Wanderdüne verfestigt die darunter lagernden Schichten und verringert ihre Mächtigkeit. Dieser Einfluss ist unmerklich bei Felsen, sehr gering bei Sanden, grösser bei Mergel und Thon, am grössten bei Torf, welcher zu einer dünnschieferigen Masse von braunkohlenartiger Festigkeit verdichtet wird. Wo zusammendrückbare Schichten vorhanden sind, müssen alle darüber lagernden, also auch

Sande, entsprechend sinken. Selten hat man indes Gelegenheit, dies unmittelbar zu beobachten und ein Maass dafür zu gewinnen.

Der Durchstich der neuen Weichselmündung durch den verlandeten Teil der frischen Nehrung zwischen den Dörfern Schiewenhorst und Nickelswalde bot solche Gelegenheit durch die bei den Vor-

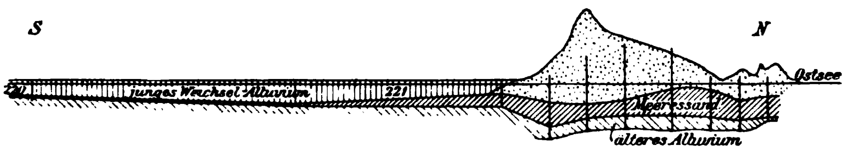


Abb. 53. Geologisches Profil der frischen Nehrung bei Nickelswalde. (A. J.)
Längen 1 : 20000, Höhen 1 : 2000.

arbeiten zur Untersuchung des Baugrundes ausgeführten und nivellierten Bohrungen, nach welchen das Profil (Abb. 53) maassstäblich gezeichnet ist. Die genauere Beschreibung desselben befindet sich in den (zur Zeit im Druck befindlichen) Erläuterungen zu dem vom Verfasser bearbeiteten Blatt Nickelswalde (Gr. A. 16 No. 40) der geologischen Spezialkarte von Preussen. Die tiefste Einsenkung der Schichten liegt hier fast genau unter dem höchsten Dünenkamm und beträgt 3—4 m.

Die Gestaltung der Dünen vor Beginn des Durchstichs geht aus Abb. 54 hervor. Da hier die Dünen nur 12—20 m Höhe hatten, lässt sich ermessen, dass die Niederpressungen unter Dünen von 60 m oder 100 m Höhe noch weit grössere Maasse erreichen können. Doch hängt dieses Maass nicht nur von der Höhe der auflastenden Düne, sondern auch von der Mächtigkeit der zusammendrückbaren Schichten ab.

Bei Berechnungen über das Volumen der Dünen hat man, wenn die Menge des herbeigewehten Flugsandes ermittelt werden soll, diejenige Flugsandmenge hinzuzuzählen, welche infolge einer Niederpressung der Unterlage unter das Niveau der angrenzenden Ebenen hinabgesunken ist.

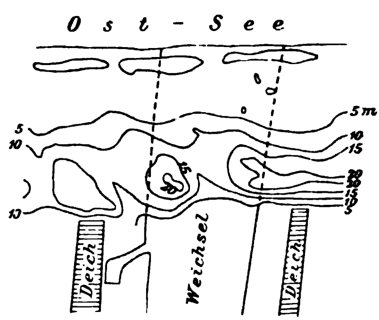


Abb. 54. Höhenschichtenkarte eines Teiles der frischen Nehrung im Jahre 1891 vor Ausführung des Weichseldurchstichs. 1 : 30000.

§ 45.

Meertorf, Meermarsch und versunkene Wälder. Die niedergepressten Erdschichten treten dort, wo die See das Land abspült, am Meeresgrunde hervor, unterliegen daselbst der Abrasion und werden in

Geschieben ans Ufer geworfen, in besonders grossen Schollen der Torf. Geschiebe von Meertorf finden sich an allen deutschen sowie an den angrenzenden holländischen und dänischen Küsten. Anstehende Lager dieses Meertorfes finden sich vielorts in diesem Küstengebiete, doch überall nur auf einzelne Strecken beschränkt, nämlich dort, wo die Düne über Torf hinweggeschritten ist; an andern Stellen schritt diese über Marschboden, Schlick, Haffmergel und Wälder dahin, und all dies kommt dann am Meeresufer, ein oder einige Meter unter dem mittlern Meeresspiegel, wieder zum Vorschein. Alle ostfriesischen Inseln Wangeroog, Spiekeroog, Langeoog, Baltrum, Norderney, Juist und Borkum sind Dünen, welche landwärts (also in der Richtung nach Süden) über Torf oder thonigen (klaiigen) Marschboden hinweggewandert sind. Von der westlichen Fortsetzung dieser Inselreihe, den zu Holland gehörigen westfriesischen Inseln, gilt grösstenteils dasselbe; doch haben Ameland und Terschelling kleine diluviale Kerne erhalten, die sich den diluvialen Kernen der kurischen Nehrung (bei Rossitten) an die Seite stellen lassen. Bei den nordfriesischen Inseln gilt dasselbe; die Insel Röm sowie die nördlichen und südlichen Haken der Inseln Sylt und Amrum tragen Dünen, während die Kerne dieser beiden Inseln noch aus Diluvium bestehen. Bei den nordfriesischen Inseln wanderten die Dünen nach Osten, um an der Westküste herabgepressten Torf und Marschboden an den Meeresgrund gelangen zu lassen.

An der hinterpommerschen Küste bis hin zur Spitze von Rixhöft in Westpreussen schreiten die Dünen über meilenlange Torfmoore hinweg, pressen sie zusammen und lassen sie als Meertorf (Abb. 4 und 55) an der Küste wieder hervortreten.

Wuchs auf Torfuntergrund ein Wald, so wurden auch dessen Wurzeln unter den Meeresspiegel hinabgedrückt und mannshohe Baumstubben umsäumen dann, fest im Meeresboden wurzelnd, den Strand.

Ein leicht erreichbares Vorkommen solchen „unterseeischen Waldes“ liegt am Waldhause östlich des Seebades Cranz, also auf der Wurzel der kurischen Nehrung. Weiterhin liegen zwischen Sarkau und Nidden noch ähnliche Stellen, deren eine in dem Kärtchen (Abb. 24) durch die gewöhnlichen Baumzeichen eingetragen ist. Andere derartige Stellen finden sich auch auf der frischen Nehrung, in Hinterpommern, an der Ostküste Holsteins (Probstei), an der Westküste Schleswig-Holsteins, (hier bei Friedrichstadt angeblich bis zehn Meter Wassertiefe). anderwärts bis nach Holland. Selbst Gräber und andere alte Kulturreste gelangten durch gleiche Ursachen in das Bereich des Meeres, z. B. die Brunnengräber und Hausplätze, welche vor mehr als hundert Jahren bei ungewöhnlich tiefer Ebbe nordwestlich der Insel

Borkum zu Tage traten. Unterseeische Wälder sind auch aus der Normandie und Bretagne, aus England, aus New Jersey und Nord-Carolina bekannt.

Nach dem oben Gesagten ist es unzulässig, solche unterseeische Wälder der Dünenküsten als Beweise für stattgefundene Landsenkungen zu betrachten.

Auch an Dünenküsten können indes Torf und andere Süss-



Abb 55. Unterseeischer Wald und Meertorf an der Ostseeküste bei Leba. (Nach einer Aufnahme des Herrn Dr. Weidtmann in Leba.)

wasserschichten mehrere Meter über dem Meeresspiegel im Kliff zu Tage treten. Dieser Fall wird eintreten:

1. wenn Windmulden einer hohen Düne sich durch Ansteigen des Grundwassers, durch Anschütten einer andern Düne oder durch Aufwachsen eines benachbarten Waldes beruhigen, an ihrem Boden feucht werden und eine Pflanzendecke gedeihen lassen, welche ihren Boden schliesslich schwer durchlässig macht und gelegentlich zu Bildungen von Moostorf, Cariceentorf oder kleinen Wassertümpeln führt, in denen selbst Wasserschnecken vorkommen können. Hierher gehören z. B. die Moostorfschichten mit Hypnum turgescens, welche Berendt vom Seeufer der kurischen Nahrung bei Sarkau und vom Haffufer des Memeldeltas bei Windenburg beschrieb. Noch jetzt sieht man

mitten in bewaldeten Dünen nasse, mit Moosen, selbst Sphagnum, erfüllte Kessel, z. B. auf der frischen Nehrung bei Kahlberg;

2. wenn das Land im Verhältnis zum Meeresspiegel sich hebt, wie z. B. in Jütland, an dessen Westküste das Kliff aus Dünen über Torf über gehobenen, mit Cardium edule und Mytilus edulis erfüllten Meeressanden besteht, in denen auch Litorina litorea, Nassa reticulata und Ostrea edulis nicht fehlen.

§ 46.

Chemische Vorgänge im Dünensand. Die in den Dünen nicht fehlende Feuchtigkeit vermittelt chemische Vorgänge.

Rein kalkige Dünen, wie sie an den Koralleninseln der Südsee verbreitet sind und auch an einzelnen andern kalkreichen Küsten (z. B. Krim) vorkommen, werden durch Lösung und Wiederabscheidung von Kalkteilchen schnell zu Kalkstein verkittet, der als Fels die Koralleninsel erhöht.

Kalkhaltige Quarzsand-Dünen, wie sie den meisten Küsten namentlich Europas eigen sind, verfallen der Auslaugung. Je älter die Düne, um so tiefer ist die Entkalkung vorgeschritten, was sich z. B. an den holländischen Dünenreihen deutlich zeigt.

Die im Grundwasser vorhandenen oder aus einzelnen Mineralienkörnern gelösten Eisensalze werden in der tief durchlüfteten Düne schnell oxydiert und überziehen alle Körner des an sich meist farblosen Quarzes mit ganz dünnen, an sich kaum sichtbaren Häutchen von Eisenoxydhydrat, welche allen europäischen Dünen sowie denen der Sahara einen hellgelblichen Schimmer verleihen. In den Wüsten Mittelarabiens wird durch Eisenoxyd der Dünensand lebhaft rot gefärbt.

In mecklenburgischen Flugsanden fand Sabban 0,036 bis 0,49 Prozent Eisenoxyd.

Höher steigt dieser Gehalt in denjenigen Schichten, welche der Grenze zwischen durchlüftetem und wasserreicherem Dünensand nahe lagen. Dort scheidet sich Eisenoxydhydrat in grössern Mengen aus und verkittet die Körner zu Ortstein, welcher, wenn zerreiblich, auch Fuchserde, in Litthauen Kraulis, an der Nordseeküste Ahl- oder Bickerde, in Frankreich Alios heisst und in den tiefern Lagen auch anderer Dünengebiete, z. B. Ungarns, überhaupt in Sandgegenden, als ein für Pflanzenwurzeln schwer durchdringlicher Untergrund bekannt und gehasst ist. Er enthält etwa 1,2 bis 2,8 Prozent Eisenoxyd neben geringfügigen Mengen von Kalk und Magnesia; daneben aber 3—14 Prozent organische Substanzen, welche im wesentlichen durch Umwandlung des Heidehumus entstanden sind und den Sand verkitten und rostig färben helfen. Der rotbraune Humus des Ortsteins wird durch Erhitzen

schwarz und wandelt sich auch, an die Ackerfläche gebracht, allmählich in schwarzen Humus um.

Dieser Ortstein bildet 0,01 bis 0,4 m dicke, nahezu horizontale Lagen unter tiefgelegenen alten Heideböden. Ueber ihm liegt stets eine dünne, durch die lösende Kraft des Heidehumus ausgelaugte Sandschicht, der Bleisand.

Das normale Profil eines tiefliegenden, längere Zeit von Heide bewachsenen Sandes ist also:

1. Heidenarbe: ein mit schwärzlichem Humus gemischter, von Wurzeln durchzogener Sand;
2. Bleisand: grauer, hellgrauer, bisweilen fast weisser, an Pflanzennährstoffen äusserst armer, aber in den grauen Lagen humushaltiger Sand;
3. Ortstein oder Fuchserde, nach unten übergehend in
4. unveränderten, gelblichen Sand.

Jede dieser Schichten ist nur ein oder wenige Decimeter mächtig, manchmal nur einige Centimeter.

Auch unter den eigentlichen Waldböden, welche an den Luvseiten der Wanderdüne zu Tage treten, sieht man bleisandähnliche Auslaugungen des Dünensandes; zu einer Fuchserdebildung kommt es aber nur in tiefern Lagen. Auffällig ist unter diesen alten Waldböden ein fast nie fehlender grünlicher Sand.

§ 47.

Wassergehalt der Dünen. Alle Dünen der Welt sind wasserhaltig. Oberflächlich ist der kahle Sand wohl oft genug völlig trocken. Aber überall findet man in wenigen Decimetern Tiefe, meist schon durch Wühlen mit der Hand erreichbar, einen Sand von schwacher, doch unverkennbarer Feuchtigkeit. So ist es auf der kurischen und frischen Nehrung, bei St. Petersburg wie in Frankreich, im Banat und selbst in der Sahara. Bei 0,3 m Tiefe fand Andresen in dänischen Dünen 2—4 Prozent Wasser; nach der Tiefe nimmt die Feuchtigkeit zu. Aber erst in grösserer Tiefe wird der eigentliche Grundwasserspiegel erreicht, der nach dem Fusse der Dünen hin abfliesst.

Dieser entsteht aus Regen und schmelzendem Schnee, mithin aus süssem Wasser; auch dort, wo schmale Nehrungen zwischen Meer und Haff liegen oder, wie Hela, mitten hinaus in das Meer wachsen, enthält er Süsswasser; dieses, das an zahllosen Dünenwohnungen die Brunnen speist, reicht ein wenig über den Meeresspiegel empor, aber in seiner Sohle unter diesen hinab, wie dies nach hydraulischen Gesetzen nicht anders sein kann.

Nach Klenzes Versuchen steigt in neun Tagen durch Kapillarität das Wasser

im Sande von 0,3—0,74	mm Durchmesser auf	114 mm,
" " " 0,74—1,18	" " "	74 "
" " " 1,18—2,50	" " "	38 "

über den Grundwasserspiegel. Hiernach ist es kaum begreiflich, dass durch blosse Kapillarität das Wasser bis zum Gipfel der hohen Dünen emporsteigen soll, wie dies behauptet worden ist. Abgesehen von ihrem wissenschaftlichen Interesse, ist diese Frage auch praktisch wichtig. Man hat darauf hingewiesen, dass die Düne den Grundwasserspiegel hebe.

Bei Regengüssen versinkt jeder Tropfen sofort im Dünensand. Bei starkem, langandauerndem Regen muss der bis zum Grundwasser hinabsinkende Regen die Sandkörner feuchten.

Aber bei kurzen Regengüssen wird nur die oberste Sandschicht befeuchtet; die zunächst darunter liegende bleibt so trocken, wie sie war. Auch würde die Feuchtigkeit hoher Wüstendünen keineswegs ausschliesslich durch die dort in jahrelangen Zwischenpausen einsetzenden Regen zu erklären sein.

Und doch wird berichtet, dass z. B. in ungarischen Dünen zwar bei Tage die Feuchtigkeit 6—8 Zoll tief zurückgedrängt wird, bei Nacht aber wieder bis 2—3 Zoll unter der Oberfläche vordringt.

Verfasser möchte dies durch innern Bodentau erklären:

Nahe über dem Grundwasser erreicht der Feuchtigkeitsgehalt der zwischen den Sandkörnern liegenden Luft den Sättigungspunkt, welcher der dortigen mittlern Jahrestemperatur entspricht. Letztere liegt bei 60 m Tiefe etwa 2^{0} über der mittlern Lufttemperatur der Oberfläche. Durch Diffusion der Gase muss auch die Luft höherer Sandschichten mit Wasserdampf gesättigt werden; soweit dies bei Erwärmung der obern Schichten zeitweise nicht der Fall sein sollte, führt gerade in diesen obern Schichten die Verdunstung des eingesickerten Regenwassers die Sättigung erneut herbei. Werden im Gange der täglichen und jährlichen Wärmeperiode (welche letztere viele Meter tief messbar ist) einzelne Sandschichten abgekühlt, so muss eine dem Temperaturunterschied entsprechende Menge Wasserdampf sich in flüssiger Form an den Oberflächen der Sandkörner niederschlagen.

Dieser theoretisch notwendige Vorgang dürfte wesentlich zur Befeuchtung des Dünensandes beitragen.

Derselbe Vorgang vermittelt aber notwendig auch durch die bei der Taubildung frei werdende Verdunstungswärme innerhalb der Dünen einen Wärmeausgleich, der sich im täglichen und jährlichen Gang der Bodenwärme bemerkbar machen muss und der vielleicht

die auffallend geringe Tiefe bedingt, bis zu welcher nach Kerner der Frost in den Dünen des Banat hinabdringt.

Der gleiche innere Bodentau muss auch in andern Bodenarten stattfinden, wird aber nirgends so auffällig und vielleicht auch nirgends so stark, wie in den lockern Sanden der Dünen.

§ 48.

Kampf mit Flüssen und Meeresströmungen. Wo Dünen an Flüsse herantreten, werden sie von diesen benagt und bilden steile Halden nach dem Flusse zu. Je nach dem Verhältnis zwischen der Wandergeschwindigkeit der Düne und der Kraft des Flusses durchbricht letzterer die Düne oder wird zur Seite gedrängt.

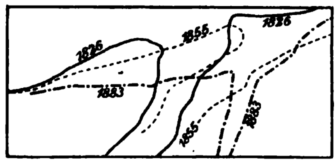


Abb. 56. Verschiebung der Lebamündung an der pommerschen Küste nach Lehmann. 1 : 15000.

Alle Flüsse haben die Neigung, ihre Mündung seitlich zu verschieben, und zwar gewöhnlich in der Richtung der Küstenströmung.

An der pommerschen Ostseeküste, an welcher die W—O Strömung vorherrscht, verschieben die Flüsse sich nach rechts, also nach Osten. Abb. 56 zeigt dies nach Lehmann an dem Beispiel der Leba-Mündung. Das Kärtchen zeigt unmittelbar, wie in den Jahren 1826—1883 die Küstenlinie sich allmählich nach Süden, die Flussmündung nach Osten verschob. Für das Piasnitzflüsschen hat Krause (Taf. I) ein Kärtchen gegeben, welches dessen 750 m weite Abbiegung nach Osten für die Mitte dieses Jahrhunderts erkennen lässt. Den dortigen Zustand für das Jahr 1877 zeigt unsre Abb. 30.

An solchen Stellen wird der mündende Fluss durch den sich vorschiebenden Strandwall an die Luvseite der Vordüne gedrängt und benagt diese. Gleichzeitig schieben sich Strandwall und Vordüne an den Fluss und können dessen Mündung völlig verschliessen, wie an kleinern Wasserläufen Hinterpommerns und im grossen an der Westküste Afrikas.

Besonders lehrreich für die Wechselfälle dieses Kampfes zwischen Dünen und Flüssen ist die Weichselmündung, deren allgemeine Lage unsere Karte der Danziger Bucht (Abb. 9) zeigt.

Als der Deutsche Ritter-Orden Christentum und Kultur in diese Gegenden brachte, floss der grösste Teil des Weichselwassers durch die Elbinger Weichsel ins frische Haff; nur ein oder zwei geringe, kaum schiffbare Mündungsarme zweigten links nach Danzig ab. Im Jahre 1371 brach sich ein neuer Mündungsarm, die heutige „Danziger

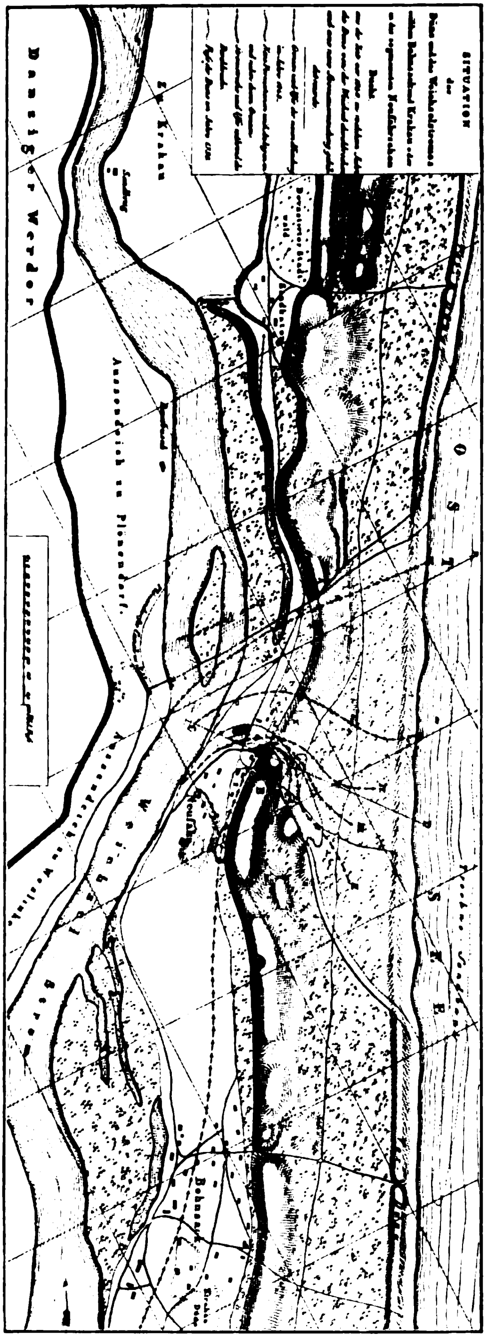


Abb. 57. Karte des Weichseldurchbruchs bei Neufähr bei Danzig. Nach Krause's Karte photographisch verkleinert, etwa 1 : 30000.
[In Krause's Karte ist der eingezeichnete Maassstab falsch, statt Rheinländischen Fuss dürfte derselbe Ruten angeben. A. J.]
1, 2, 3 von der Weichselflut 1840 bis unter dem Meeresspiegel ausgekolkte Vertiefungen. I. Feuchte Vertiefung, welche schon bei früheren Weichselhochfluten 1 m Wasserstand zeigte und nach welcher 1840 der erste Durchbruch erfolgte. II, III, IV, V linkes Ufer des Weichseldurchbruches bis zum Morgen des 2. Februar, VI desgl. am 20. Februar.

Weichsel", nach links durch, welche sich mehr und mehr zum Hauptarm entwickelte und von Weichselmünde über Neufahrwasser ein kleines sekundäres Delta in die See vorschob. Die in jedem Frühjahr eintretenden Hochwässer der Weichsel überschwemmten grosse Teile des Deltas und nagten, wenn die Danziger Weichsel nach rechts oder die Elbinger Weichsel nach links austrat, am Südfuss der Nehrungs-Düne, bis diese bei Neufähr in der Nacht vom 1. zum 2. Februar 1840 durchbrochen wurde, wodurch die Weichsel eine neue Mündung, 10—11 km östlich der bisherigen, erhielt. (Vergl. Abb. 57, Karte, und Abb. 58, Profil nach Krause.) Durch

eine Eisstopfung war damals die Weichsel bis 18 Fuss (5,65 m) hoch gestiegen, ehe sie die 28 m hohe Dünenkette durchbrach. Der Durchbruch war offenbar schon durch frühere Hochwasser vorbereitet, da die hohe Düne an ihrem Fusse nur noch 20 Ruten (75 m) breit war und eine Bucht bildete, in deren tiefstem Ausriss (Glowwe) stets bei Hochwasser etwas Wasser aufquoll. So erfolgte ein Grundbruch, der von durchquellendem Weichelhochwasser vorbereitet wurde.

Das Ereignis musste früher oder später naturnotwendig eintreten: der Strom, den die Düne vom Meere absperrte, nagte so lange an dieser, bis er einen nähern Ausfluss gewann.

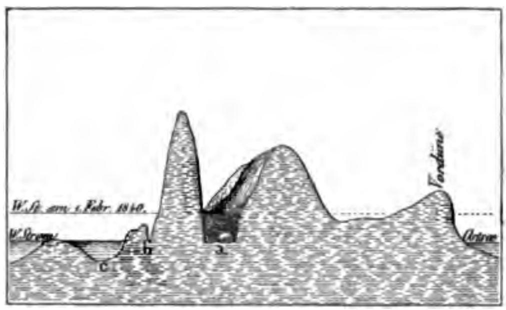


Abb. 58. Querschnitt der Nehrung an der Stelle des Weichselbruchs, nach Krause (vergl. Abb. 57). a. Feuchte Vertiefung (Glowwe) nach welcher der erste Durchbruch erfolgte.

Schwach feuchter Sand, welcher den Kern der Düne bildet, nimmt, wo er vom Hochwasser unterwaschen wird, eine steilere Böschung an, als der trockene Flugsand der gewöhnlichen Sturzdüne. Im Wasser ist aber der natürliche Böschungs-Winkel des Sandes viel kleiner als in der Luft. Beim Steigen des Hochwassers musste also die verhältnismässig steil gewordene Sandböschung sofort diesen flachen Winkel annehmen und der höher liegende Sand entsprechend nachsinken. In kürzester Frist wurde so die Düne durch seitliche Abspülung nicht nur verschmälert, sondern auch erniedrigt. Gleichzeitig drang Sickerwasser mit 5,6 m Ueberdruck durch die Düne nach Norden, so dass deren Nordfuss zu Triebsand wurde, sich gleichfalls verflachte und nun auch von Norden her den Dünenkamm einsinken liess.

Auch Windrisse werden vielleicht mitgearbeitet haben.

Die neue Mündung erweiterte sich rasch und schob das Abb. 23 abgebildete kleine Delta in die Ostsee vor. Unterhalb derselben wurde der alte Mündungsarm alsbald durch die Plehnendorfer Schiffahrtsschleuse geschlossen und 1895 weitere $10\frac{1}{2}$ km östlich, also 21 km östlich von Weichselmünde, eine neue Weichselmündung geschaffen, welche den Dünenkamm quer durchschneidet und die gefahrdrohenden Hochwasser leicht und schnell abführt.

Auf meilenlange Strecken ist in jener Gegend der Südfuss der hohen Düne durch Hochfluten eingeebnet; die hohe Düne ist, dem

Wachstum des Deltas entsprechend, nach Norden verlegt, behält aber trotzdem ihre Luvseite im Norden, ihre Leeseite im Süden. Der Vergrösserung des Deltas, dem Zurückweichen der Küste müsste hier eigentlich ein Vordünen-System (§ 24) entsprechen. Durch die reissenden Weichselfluten und durch die von S, SW und SO wehenden Winde wurden aber die ältern Dünen fortwährend benagt, ihr Sand teils in die Weichsel, teils auf den Dünenkamm geworfen, bis sich die verschiedenen Dünenreihen zu einer einzigen hohen Düne aufeinanderhäuften, deren Kamm teilweise als obere Stufendüne aufzufassen und deshalb breiter ist als der typische gratartige Kamm der kurischen Nehrung. Auf der südlichen flachen Sandstufe entwickeln sich, wo letztere die genügende Breite hat, untere Stufendünen, welche selbstverständlich an Höhe der Hauptdüne bedeutend nachstehen. Letztere bietet infolge ihrer ostwestlichen Richtung und ihrer Benagung durch den Strom das abnorme Beispiel einer der Luvseite entgegenwandernden Düne.

Anders ist der Kampf der Dünen mit Meeresfluten. An den Pforten zwischen ostfriesischen bezw. nordfriesischen Inseln stürzen Flut und Ebbe, jede mit anders gearteten Bahnen, täglich zweimal in das dahinter liegende Wattenmeer und wieder heraus. Mit gewaltiger Kraft schreiten Abrasion und Erosion von der Seeseite vor, um einen Teil des Zerstörten als Stoff zu Dünensand auf den Strandwall zu werfen, einen andern zum schnellen Anwuchs fruchtbarer Ländereien am Wattenmeer herzugeben. Auch an den Dünen, welche die Haken dieser Inseln krönen, nagen die Fluten und verschieben sie dadurch nach dem Wattenmeer zu.

Da nun jeder Haken die Neigung hat, sich zu verlängern, der Gezeitenstrom dies aber nicht mehr zulässt, häufen sich die Sande an den Enden der Haken; die Wurzeln der letzteren verschmälern sich, wodurch schliesslich Durchbrüche entstehen und eine Insel in zwei oder mehrere kleine Inseln zerrissen wird.

Die ostfriesischeln Inseln sind nicht etwa schlechthin die höchsten Gipfel einer im Meer versunkenen Dünenkette, sondern seit Jahrtausenden hat das Meer dort einzelne Inseln zerrissen, verkleinert und umgestaltet, andere durch Hakenbildung vereinigt oder vergrössert; einzelne sind niedriger geworden, andere höher, alles durch Wechselwirkung von Meeresströmungen, Wogen, Wind und Pflanzenwuchs, bis zuletzt der Mensch umgestaltend und sichernd eingriff.

Wo Dünenketten an Flüsse herantreten, sperren sie kleine oder grosse Seen ab.

Auch im Binnenlande werden Flüsse durch Dünen abgelenkt. So soll z. B. der Amu-Darja, welcher früher in das Kaspische Meer

mündete, jetzt aber zum Aralsee fliesst, durch Dünen abgelenkt worden sein. Diese Verlegung der Flussmündung hatte selbstredend grossen Einfluss auf die Wasserstände beider grossen Seen und dadurch auf das Klima, die Bodenfruchtbarkeit und Bodengestaltung der weiten aralo-kaspischen Niederung, sowie mittelbar auf die Ausbildung des untern Wolgalaufes und anderer Flussläufe, auf das Einwandern und örtliche Verschwinden von Pflanzen- und Tierarten, die Besiedlungsfähigkeit weiter Striche und dadurch zeitweise auf den Gang der Weltgeschichte.

E. Bedingungen des Wachstums der Dünen.

§ 49.

Fossile Dünen. Seitdem auf Erden Land und Wasser geschieden wurden, hat es zu jeder Zeit Dünen gegeben. Die meisten Dünen sind von derselben Natur, die sie baute, wieder vernichtet worden; von andern findet man Reste in allen ältern und jüngern Formationen, oft an Orten, welche heute jeder Dünenbildung entbehren. Sowohl Küsten- als Wüstendünen der Vorzeit hinterliessen zu Sandstein gewordene Reste, wenngleich diese dürftigen Ueberbleibsel nicht immer nach der Sonderart ihrer Bildungsweise unterschieden werden können.

Quarzreiche, geschiebefreie Sandsteine mit Diagonalschichtung und rasch wechselnder Mächtigkeit sind, wenn Thonbänkchen darin völlig fehlen, immer verdächtig auf äolische Entstehung. Dies gilt z. B. von einzelnen (keineswegs allen!) Teilen des thüringischen Buntsandsteins und von gewissen cambrischen Sandsteinen des Ostseegebiets, welche Rippelmarken tragen. Auch gewisse Sande der norddeutschen Braunkohlenformation dürften mit Dünenbildungen zusammenhängen.

Als Dünenbildungen sind in der Regel diejenigen Sandsteine anzusprechen, in welchen — ganz wie in den Wanderdünen unserer preussischen Küsten — Baumstämme aufrecht in grösserer Zahl nebeneinanderstehen. Das in vielen Lehrbüchern der Geologie abgebildete Profil aus dem Kohlensandstein von St. Etienne in Frankreich ist dafür ein lehrreiches Beispiel.

Wie an unsern Küsten die Baumstümpfe noch in dem durch Dünen niedergepressten Meertorf wurzeln, so wurzeln im Carbon gar oft noch die aufrechten Stämme der Sigillarien in dem unter dem Sandstein liegenden Kohlenflöz (einem einstigen Torf) oder in dem dessen Unterlage bildenden, nun zu Schieferthon verhärteten Thon.

Bäume können, auf ihrer Wurzel stehend, von sich aufwölbenden und ausbreitenden Moosbrüchen umschlossen werden oder auch, auf deren Oberfläche gewachsen, in dem wasserreichen Moosbruche versinken; sie können in vielfach wechselnden Stellungen auch in Flüssen (Mississippi) oder im Meerwasser schwimmen und untergehen. Aber wo sie, in oder unter Kohlen wurzelnd, gruppenweise in den über der Kohle liegenden Sandstein aufragen, da muss man letzteren als Wanderdüne erklären. Beispiele bieten die Steinkohlenschichten von Nova Scotia, von Pittsburg in Nordamerika, in England diejenigen von Lancashire und Staffordshire, in Deutschland die Kohlenreviere von Saarbrücken und Oberschlesien, wo z. B. bei Kattowitz 27 Wurzelhorizonte über einander liegen.

Auch ein Teil der berühmten versteinerten Wälder Aegyptens scheint durch Verkieselung der im Wüstensande eingeschlossenen Stämme zur Kreidezeit entstanden zu sein; der sie umhüllende „Nubische Sandstein" wäre somit verfestigter Dünensand.

Sehen wir demnach, dass Dünen nicht nur entstehen, sondern auch verschwinden, so fragen wir: welches sind die Bedingungen ihres Wachstums? welche Ursachen lassen gewisse Gegenden mit Dünen überziehen und andere wieder davon frei werden?

§ 50.

Hebung und Senkung. (Negative und positive Verschiebung der Strandlinie.) An zahlreichen Küsten findet man hoch über dem Meere alte Strandlinien oder mit Meeresmuscheln erfüllte Erdschichten. Wer einmal eine solche sah oder etwa in Bohuslän bei Uddevalla 150 m und mehr über dem daneben sichtbaren Meere in meilenweiter Erstreckung mächtige Muschelhaufen und Muschelthone durchwanderte, wird nicht zweifeln, dass zeitweise der Meeresspiegel höher oder das Land tiefer gelegen hat. Da die gleichen Meeresschichten an benachbarten Küsten verschieden hoch liegen, kann dies nicht durch ein Schwinden des Meeres, sondern nur durch eine Bewegung des Landes erklärt werden. Man spricht in diesem Falle von Hebung, im entgegengesetzten von Senkung. Seitdem man erkannt hat, dass auch der Meeresspiegel örtlichen und zeitlichen Veränderungen ausgesetzt ist, mithin jede scheinbare Hebung oder Senkung die algebraische Summe mehrerer Bewegungen ist, spricht man wohl mit E. Süss und F. v. Richthofen im Fall einer scheinbaren Hebung des Landes von negativer Verschiebung der Strandlinie, im Fall einer scheinbaren Senkung des Landes von positiver Verschiebung der Strandlinie. Da indes dieser, mathematische Schärfe anstrebende Ausdruck minder anschaulich ist und leicht

(z. B. bei vorrückenden Strandwällen) Nichtgeologen zu Irrtümern verleiten kann, hält Verfasser die alten Ausdrücke fest, spricht jedoch, um der zweifellosen Komplikation der Erscheinung Rechnung zu tragen, von relativer Hebung und Senkung.

Untrügliche Kennzeichen der relativen Hebung sind mit Meeresmuscheln erfüllte, über den Spritzwellen der höchsten Springfluten und Eisschiebungen liegende Schichten, soweit aus den Umständen klar hervorgeht, dass deren Muscheln nicht von Menschen oder Tieren herbeigeschafft sind; ebenso an polaren Meeren hochliegende Treibhölzer, in den wärmeren Meeren hochliegende Korallenriffe, wenn dieselben nicht aus Trümmersand, sondern aus Korallenstöcken bestehen. Diese Kennzeichen können von jedem Techniker auch an fernen Küsten festgestellt werden.

Andere Kennzeichen sind trügerisch und dürfen nur im Zusammenhange, unter vorsichtiger Würdigung aller Umstände, als Beweise benutzt werden. Besonders trügerisch sind die Kennzeichen relativer Senkung, über welche aus allen Weltteilen zahlreiche Angaben vorliegen, die aber, wie schon aus § 45 hervorgeht, nur mit grösster Vorsicht aufgenommen werden dürfen.

Dennoch ist es durch die geologische Beobachtung zweifellos, dass relative Hebungen und Senkungen von mehreren tausend Metern in zahlreichen Gebieten stattgefunden haben.

Ein Hauptfehler bezüglicher Angaben ist es, dass Bewegungen verschiedenster Epochen durcheinandergeworfen werden. Für den Techniker hat nur die jetzige Epoche praktisches Interesse. Das geologische Alter der irgendwo beobachteten gehobenen oder gesenkten Schichten ist daher klarzustellen, ehe man praktische Maassnahmen auf die Voraussetzung einer fortdauernden Hebung oder Senkung gründet.

In den Gebieten der Ostsee und Nordsee ist es für die Alluvialzeit, also für die letzten Jahrtausende, nachgewiesen, dass, was die algebraische Summe der Bewegungen anlangt, alle deutschen Küsten sich gesenkt, Skandinavien, Finland und Ehstland sich gehoben haben. Die Achse der Schaukelbewegung lief durch Dänemark, Schonen nach Kurland.

Die Diskussion der Pegelbeobachtungen ergiebt für das 19. Jahrhundert keine Verschiebungen, welche das Mass der wahrscheinlichen Fehler erheblich überschritten. In diesem Jahrhundert stehen also die deutschen Küsten still oder senkten sich nur sehr langsam. Auch die Hebung Skandinaviens scheint sich in diesem Jahrhundert verlangsamt zu haben.

Man wird dies mit dem allmählich fortschreitenden Ausgleich des gewaltigen Druckes erklären, welcher mit dem Wegschmelzen des

diluvialen Landeises zuerst von Norddeutschland, später von Skandinavien genommen wurde. Dazu kommt noch das mit dem Schwinden der Eisdecke eintretende Steigen der geoisothermen Flächen, auf welches Verfasser als Ursache einer klimatischen Faltung bereits 1884 hingewiesen hat.

Ausser den säkularen Hebungen und Senkungen, deren mannichfache Ursachen hier nicht erörtert werden können, erfolgen andere teils in kürzern oder längern Perioden, teils unregelmässig.

Das Geoid, d. h. die hydrodynamische Gleichgewichtsfläche des mit der Erde rotierenden Weltmeeres, ist, eben weil sich die Bewegungen ändern, veränderlich. Es ändert sich mit der Verschiebung des Polpunktes und andern astronomischen Varianten. Die Weltmeere liegen, wie Pendelbeobachtungen übereinstimmend mit theoretischen Rechnungen lehren, an den Küsten grosser Ozeane erheblich höher als an der Küste einsamer Inseln und das Maass dieser Erhebung ändert sich bei jeder Massenverschiebung durch Abrasion, Erosion, Denudation, Delta- und Dünen-Bildung.

Der Wasserstand der Meere und ganz besonders der Binnenmeere wird beeinflusst durch Barometerstand, Windrichtung, Regen- und Verdunstungsmengen, einmündende Flüsse und Salzgehalt des Wassers; örtlich selbst durch allmähliche Verschiebungen der Küstenlinien, deren Haken und Vorsprünge Meeresströmungen von gewissen Küstenteilen ablenken; er muss sich in Binnenmeeren mit dem Klima ändern, welches, wie Brückner gezeigt hat, Perioden von mehreren Jahrzehnten unterliegt.

Alles in allem sind die etwa in einem Menschenalter eintretenden säkulären Schwankungen sehr viel kleiner als jene verwickelten, aus andern Ursachen stammenden und teilweise periodischen Aenderungen des Meeresspiegels.

Letzterer besitzt überdies an jeder Küste eine jährliche Periode und an allen offnen Meeren in den Gezeiten eine tägliche. Diese täglichen und jährlichen Perioden sind von viel höherer Amplitude.

Flussdeltas, welche so oft mit Dünenbildungen verbunden sind, haben allgemein die Eigenschaft, zu sinken. Jede neue Schlick- oder Sandlage, welche bei Ueberschwemmungen sich über einzelne ihrer Teile ausbreitet, drückt den Untergrund etwas tiefer, und im Lauf der Jahrtausende kann dies mehrere Meter ausmachen, zumal wo Torfmoore, die in Deltas nie fehlen, überschlickt werden.

Denkt man sich eine Küste um 1 cm gehoben, so würden alle Riffe dem mittlern Meeresspiegel näher rücken. Sofort werden sie von der Brandung stärker angegriffen, der Sandauswurf wird vermehrt, der Strandwall verbreitert und dadurch unter Umständen Anlass zur

Bildung einer neuen Vordüne gegeben, welche der bisherigen annähernd parallel vorgelagert ist und mit dieser ein Vordünen-System bildet. Der Kliffhaken wird wachsen.

Denkt man sich umgekehrt dieselbe Küste um 1 cm gesenkt, so wird die bisherige Abrasionsfläche um ebenso viel tiefer ins Meer versenkt, ihr jährlicher Abtrag demzufolge um einen minimalen Betrag verlangsamt; gleichzeitig aber wird der Strandwall stärker als bisher angegriffen, der Strand etwas verschmälert, die Vordüne landeinwärts gedrängt, bis sie sich über die nächstältere Düne wälzt.

Alle diese Aenderungen sind aber klein, wahrscheinlich verschwindend klein gegenüber den Vorgängen, welche sich ohnehin gesetzmässig auch bei konstant bleibendem Meeresspiegel an Dünenküsten abspielen.

Rechnet man mit längern Zwischenräumen, so gestaltet sich dies Verhältnis anders. Würde während ungemessen langer Zeiträume die See in gleichbleibender Höhe an einer Meeresküste nagen, so würden schliesslich alle jetzt als Kap vorspringenden Kliffe weiter zurückgedrängt, während die Buchten ausgefüllt würden, bis schliesslich eine völlig ausgeglichene, aus ganz flachen Bögen von grossem Radius gebildete Küstenlinie entstände.

Von diesem Endzustande sind unsere deutschen Küsten noch weit entfernt. Erst seit verhältnismässig wenigen Jahrtausenden bespült die Ostsee unser deutsches Land, daher noch die vielen unausgeglichenen Vorsprünge, deren Wirrsal am lebhaftesten in der Karte der Insel Rügen (Abb. 14) zum Ausdruck gelangt.

Unser deutsches Land hat höher gelegen; in Königsberg reicht die alte, mit Süsswasserschichten aufgefüllte Thalsohle mindestens 20 m, in Pillau 30 m, in Mecklenburg diejenige des Warnowthales (Abb. 13) mehr als 10 m unter den Ostseespiegel.

Von den Nordseeküsten liegen ähnliche Thatsachen vor. So ist der östliche Teil des frischen Haffs ein versunkenes Memeldelta aus jener Zeit, da der Memelstrom über Insterburg und Königsberg floss, und die holländischen Düneninseln liegen auf dem versenkten Aussenrande des alten Rheindeltas.

§ 51.

Einfluss der Deltabildungen. Fragt man allgemein, ob Nehrungen und Küstendünen durch Flusssedimente oder durch die Zerstörung der Küstengesteine erzeugt werden, so lautet die Antwort: durch beides.

Stellt man aber die gleiche Frage in Bezug auf ein bestimmtes einzelnes Dünengebiet, so lautet die Antwort: vorwiegend oder ausschliesslich durch eines von beiden.

Die kurische Nehrung schützt zwar das Memeldelta, wächst aber nicht (oder mindestens nicht mehr) durch dessen Sand. Sie wird gegenwärtig zum grössten Teil durch Abrasion des Meeresgrundes, zum kleinern von der Erosion der samländischen Kliffküste genährt, als deren Fortsetzung die Abrasionsfläche erscheint. Sie ist eine Kliffnehrung, ebenso wie die Halbinsel Hela, wie die Rostocker Nehrung, wie die Schaabe, die Schmale Heide, die Baaber Heide und „der grosse Strand" auf Rügen, wie ja auch die Hörner von Sylt und einigen andern friesischen Inseln Kliffhaken sind.

Dagegen ist die frische Nehrung in der Hauptsache eine Deltanehrung, ein Geschenk der Weichsel (und der vorhistorischen Memel), wenngleich ihr Nordostende sich östlich von Pillau auf eine Kliffküste legt; in geringem Maasse ist auch an ihrem Aufbau die Abrasion beteiligt.

Bei gleichbleibendem Meeresspiegel schiebt sich die Deltanehrung nach der See vor. Ursprünglich tief im Innern des heutigen Weichseldeltas beginnend, hat sich das Wurzelende der frischen Nehrung allmählich seewärts verschoben, wodurch die ehemalige Kliffküste versandete, die nun von Danzig bis über Zoppot hinaus jene weithin bekannten, lieblichen Gehänge bildet.

Noch in historischer Zeit hat der nicht versandete Teil der Frischen Nehrung grosse Veränderungen erlitten. Als Wulfstan den ersten Reise-Bericht über diese Lande schrieb, war die Nehrung nicht allzuweit von Elbing durch ein Tief unterbrochen.

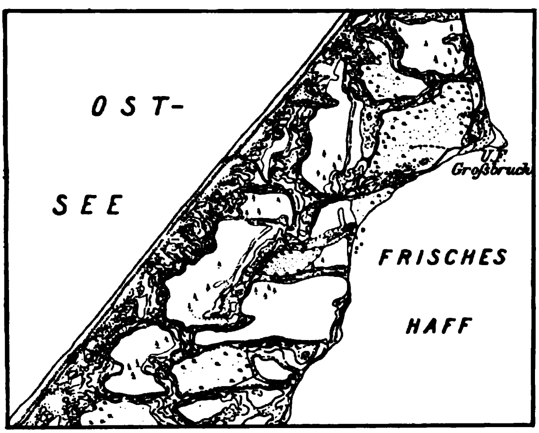


Abb. 59. Gegend von Grossbruch, frische Nehrung. Nach dem 1864 aufgenommenen Messtischblatte des Generalstabes auf 1:50000 verkleinert. Abstand der ausgezogenen Höhenkurven 15 preussische Fuss.

Um das Jahr 1200 versandete das Kahlberger Tief, dann bestand Jahrhunderte lang das Balgasche Tief („die Balge"), bis erst 1497 das jetzige Pillauer Tief sich ausbildete, worauf die Balge versandete. Panzer hat die historischen Nachrichten darüber kritisch zusammengestellt. In der Gegend der Balge bis süd-

lich Gr.-Bruch fehlen noch heute die hohen Dünen. Abb. 59 zeigt ein Stück dieses ehemals oft durchbrochenen Nehrungsteils, in welchem nach langem Kampf zwischen Wind, Wasser und Menschenarbeit schliesslich ein unregelmässiges Netzwerk wenig hoher Dünen entstanden ist, zwischen denen grössere Sümpfe sich ausbreiten.

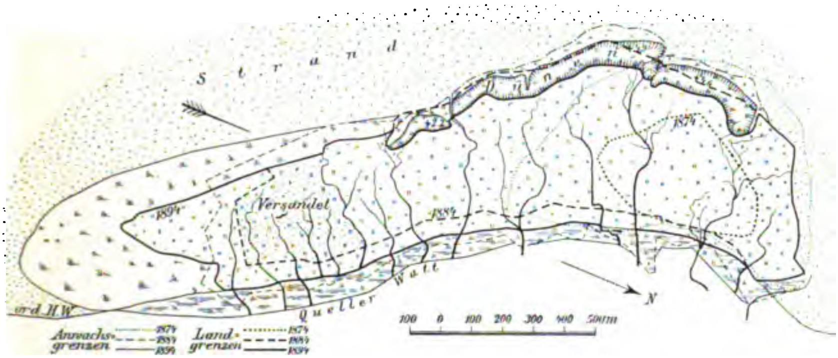


Abb. 60. Insel Trischen von 1874 bis 1894.
(Nach Aufnahmen von L. Müllenhof.)

Wie schnell Dünen auf Deltas wachsen, zeigt das 1840 entstandene kleine Delta von Neufähr (Abb. 23). Jede Deltabildung beginnt mit Sand- (oder Schlamm-) Bänken, welche sich weiter und weiter in das Meer vorschieben, dabei gleichzeitig höher werden, bis einzelne den Meeresspiegel überragen. Sobald dies geschehen, bilden sie an der dem Meer zugewandten Seite einen Strandwall, auf welchem sich, wenn Sand vorhanden ist, Dünen erheben. Rücken diese auch langsam landeinwärts, so wächst doch viel schneller die dahinter liegende flache Insel dem Lande zu, bis sie schliesslich mit diesem verwächst.

Die Elbe hat kein Delta, da hier die Senkung so rasch eintrat, dass sie nicht von den Sedimentmassen des Stromes ausgeglichen wurde. Die Verlangsamung, welche die relative Senkung unserer Küsten im letzten Jahrhundert erfahren hat, scheint dies Verhältnis zu ändern. Nachdem schon früher links der Elbmündung sich die Sandbänke so weit vorgeschoben hatten, dass darauf, durch Bauwerke begünstigt, die kleinen Inseln Neuwerk und Scharhörn entstehen konnten, beginnt nun auch rechts der Mündung die Inselbildung. 15 km nordwestlich des Friedrichskoogs liegt dort im Watt die kleine Insel Trischen. Im Jahre 1854 brachten Fischer die Nachricht, dass sich dort kleine grüne Inselchen von kaum 1 qm Grösse bildeten. Diese schlossen sich allmählich zusammen. L. Müllenhoff mass im Jahre 1872 schon 16,64 ha

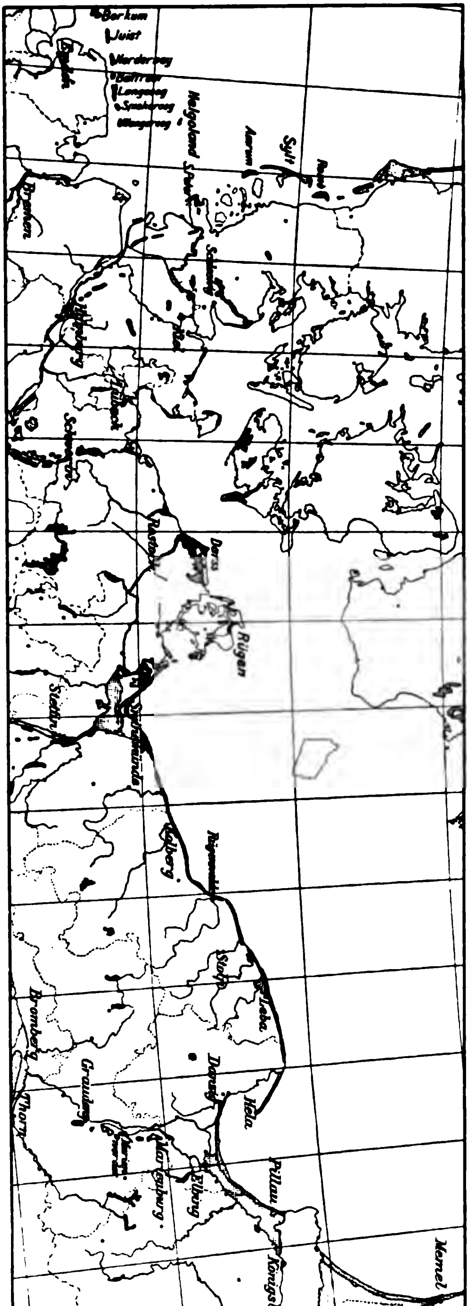


Abb. 61. Das norddeutsche Küstenland. Die grösseren Dünengebiete sind umrandet und punktiert. (A. J.)

mit Nutzgräsern bestandenen Landes, 1884 66 ha und 1894 bereits 103 ha, während noch weitere 26 ha mit Salicornia herbacea bewachsen waren. Die West- und Nordufer der Insel wurden nun steil und ihr höchster Punkt lag 1886 schon 1,43 m über ordinärer Flut. Die Ost- und Südufer blieben ganz flach. Nun bildet sich am Westufer eine Düne, welche im Jahre 1894 an dem 1886 höchsten Punkte der Küste bereits 3,81 m Höhe, an einem andern Punkte sogar 4,90 m Höhe erreichte. Abb. 60.

§ 52.

Einfluss des Materials. Bereits in Abt. B (Material) ist gezeigt worden, wie gewisse Gesteine sehr viel, andere wenig oder nichts an Dünensand liefern. Die Beschaffenheit des norddeutschen Flachlandes (Abb. 61) begünstigt die Entwickelung von Küstendünen in hohem Maasse; ebenso diejenige von Thaldünen, welche wir an der Weichsel von Thorn bis Marienburg, an der Oder südlich Stettin, an der Elbe bei Dresden und in Mecklen-

burg finden, wie sie auch in Süddeutschland in der Rheinebene zwischen Basel und Mainz nicht fehlen.

Eine grosse Entwicklung haben dieselben in und an den grossen Strömen, welche nach dem letzten Rückzuge des diluvialen Landeises Norddeutschland von Osten nach Westen durchflossen und deren von Thalsand in verschiedenen Stufen erfüllte Thäler reichliches Material zur Dünenbildung boten. Das südlichste dieser Thäler zieht von Görlitz nach Wittenberg, das zweite von Glogau nach Baruth durch den Spreewald zur Elbe, das dritte von Warschau über Fürstenwalde, Berlin, Spandau durch das Havelbruch zur untern Elbe, das vierte von Thorn über Bromberg, das Netze- und Warthethal nach Eberswalde, um sich in der Gegend von Fehrbellin mit dem vorigen zu vereinigen. Die Gegend von Berlin (Abb. 63) ist deshalb besonders reich an Thaldünen, weil zwei dieser Thäler dort zusammenkommen.

Festlandsdünen kommen in Süddeutschland auf dem Keupersandstein Frankens, den Tertiärsanden Oberbayerns, in Norddeutschland auf Geschiebesand vor, sind aber in Deutscland, bei zum Teil grosser Zahl der Einzeldünen, von geringer Ausdehnung, zumeist fast verschwindend klein. Es sind eben nur zwerghafte Vertreter der Festlandsdünen, welche letztere nur in Wüsten und Steppen zu erheblicher Ausdehnung anwachsen.

Die Menge des verfügbaren Materials bedingt die Grösse der Düne.

So bilden sich Dünen überall in der Welt, wo loser Sand in hinreichender Fläche ohne zusammenhängende Pflanzendecke zu Tage liegt.

Die begrenzte Menge des Sandes bedingt die Entwicklungstendenz der Kliffnehrungen und ihrer Dünen: Kurze Kliffnehrungen, wie die Rostocker, liegen ziemlich unveränderlich; längere häufen, gleich den Kliffhaken, den Sand nach dem Ende zu an, führen dort zu einer Verschiebung seewärts, während gleichzeitig die Wurzel der Kliffnehrung sich verschmälert und zu Durchbrüchen neigt, die sich anfangs von selbst wieder schliessen, bis schliesslich das Nehrungsende, gleich den ostfriesischen Inseln, zur Insel oder Inselreihe wird. Auch die kurische Nehrung hatte und hat noch an der Wurzel bei Sarkau Neigung zu Durchbrüchen, während ihr Ende, das ursprünglich wohl südlich von Memel sich dem Festlande näherte, mehr und mehr seewärts und zugleich nordwärts vorzudringen strebt; durch das Memeler Tief unterbrochen, dringt der Küstensand doch noch nordwärts und versandet die nördlichste deutsche Küste, an der das Meer von einem Teile der ehemaligen niedern Kliffküste zurückgewichen ist, um den Raum mit Dünen aufzufüllen.

§ 53.

Einfluss der Wind- und Küstenrichtung. Alle Küstendünen laufen dem Strandwalle parallel, welches auch immer die Richtung der Küste und des herrschenden Windes sein möge. Sehr deutlich zeigt dies die Halbinsel Hela (Abb. 9), auf welcher die Dünen den Strandwall in scharf gekrümmter Kurve begleiten, um auf der Innenseite des Hakens noch ein Stück fortzusetzen, bis sie schliesslich, mehr und mehr im Schutze der Bucht liegend, enden. Abb. 62 zeigt dies Stück von Hela im Kartenbilde.

Der Winkel, in welchem der Wind auf die Küste stösst, beeinflusst die Menge des Strandsandes und damit das Wachstum der



Abb. 62. Ein Stück der Halbinsel Hela, zwischen Hela und Heisternest. Nach dem 1862 aufgenommenen Messtischblatte des Generalstabes auf 1:50000 verkleinert.

Dünen, sowie deren Wandern. Bei den in Europa vorherrschenden Südwestwinden sind die nach Westen offenen Küsten besonders dem Windwehen ausgesetzt, die Ostküsten verhältnismässig geschützt. Dennoch sind auch letztere, wie Rügen zeigt, nicht frei von Dünen. Denn wesentlich für deren Entstehung bleibt, wie immer wiederholt werden muss, die Richtung des Strandwalles. Die Gesetzmässigkeit, mit welcher an allen Küsten Land- und Seewinde, auf- und absteigende Luftströmungen mit einander wechseln und kämpfen, trägt wesentlich zu einer überall ähnlichen Gestaltung der Küstendünen bei.

Im einzelnen aber wird letztere durch den Winkel, in welchem die Küste zu den herrschenden Winden liegt, sehr wohl beeinflusst, wie beispielsweise ein Vergleich der preussischen Nehrungen unter einander und in ihren verschieden gerichteten Teilen erkennen lässt.

§ 54.

Einfluss des Klimas. Die Temperatur kommt für die Bewegung des Dünensandes nur so weit in Betracht, als sie das Verhalten des Wassers beeinflusst.

In kaltem Klima deckt Schnee monatelang den Sand und verhindert, sobald er zu backen anfängt, auf grossen Flächen die Deflation. Da er aber selbst schon vor Beginn des Backens ein Spiel der Winde wird, entstehen in der Schneedecke Lücken, an denen der Wind den Sand auch im Winter wegblasen kann. Diese ausser vom Wind auch von der Beschattung und der nach Grundwasserstand, Böschungsrichtung, Pflanzendecke und Bodenfarbe wechselnden Bodenwärme abhängigen Stellen werden im Winter zu Windmulden, aus denen Sand auch auf Schnee geblasen werden kann. Beispielsweise wurde im Mai 1880 auf der kurischen Nehrung zwischen Schwarzort und Memel nach Bezzenberger (S. 72) eine am Saume der Düne befindliche Schneelage 40 Centimeter hoch mit Sand bedeckt gefunden.

Unter Schneewehen bleibt der Dünensand im Frühjahr noch lange geschützt.

Regen befestigt den Sand und bringt selbst die Bewegung der Rippelmarken zum Stillstand. Da aber das Wasser sofort versinkt und das die obersten Körner netzende Wasser im Winde rasch verdunstet, hält die Verfestigung nach dem Aufhören des Regens nur wenige Stunden vor. Die Bewegung beginnt in der Nähe der Kämme, weil der dort überwiegende gröbere Sand schneller als feiner trocknet und überdies an den Kämmen der Wind am heftigsten weht. So sehen wir die hohen Kämme schon mit Wolken von Sand umwirbelt, wenn am Fusse der Luvseite der Sand noch unbeweglich liegt.

Deshalb erniedrigt der Regen die Kämme. Die Stärke des Regens ist hierbei von geringem Einfluss, wohl aber die Dauer und Häufigkeit des Regens.

Während der Regenstunden liegt die Düne nahezu fest; nur an steilen, im Regenschatten liegenden Rändern der Windkehlen vermag der Wind noch einzugreifen. Jeder einzelne Regenfall bedingt noch eine gewisse Anzahl Ruhestunden, deren Zahl für jeden Dünenteil zu der örtlich wachsenden Korngrösse und Windstärke im umgekehrten Verhältnis steht.

Käme also die gesamte Regenmenge eines Jahres an einem einzigen Tage herab, so würde sie die Bewegung der Düne nur um etwa $^1/_{300}$ verzögern und ihre Höhe nur sehr wenig verringern. Wäre aber die gleiche Regenmenge in 1000 oder mehr Einzelfällen auf alle Tage des Jahres verteilt, so würde sie die Neubildung von Dünen nahezu verhindern und bestehende hohe Dünen wesentlich erniedrigen.

Da Nebel und feuchte Luft das Abtrocknen feuchten Sandes verlangsamen, wirken sie in gleichem Sinne. Selbst in heissen Wüsten ist die Feuchtigkeit insofern von Einfluss, als die beschatteten Seiten der Felsen nach Tau oder Regen länger feucht bleiben und deshalb der sanderzeugenden Verwitterung viel schneller unterliegen als die besonnten Seiten, an welchen eine braune Schutzrinde sich bildet, welche eingemeisselte Schriften Jahrtausende erhält.

So muss eine Aenderung des Klimas schon dann die Dünenentwicklung beeinflussen, wenn die Jahresmittel für Temperatur und Niederschläge konstant bleiben und nur eine andere Verteilung nach Tagen oder Jahreszeiten eintritt. Selbst die Tageszeit, zu welcher Regen zu fallen pflegt, ist von Einfluss, weil das Abtrocknen des Sandes im Sonnenschein natürlich schneller erfolgt und es überdies nicht gleichgiltig sein kann, ob für einige Stunden der Seewind oder der Landwind wirkungslos gemacht wird.

Hohe Festlandsdünen kommen deshalb nur in trockenen Klimaten vor, deren Wüstengürtel sie bezeichnen.

Auch starke Stürme können nur eine begrenzte Sandschicht abblasen, weil sie darunter auf feuchten Sand stossen. Häufige Winde von mittlerer Stärke wirken deshalb unter Umständen mehr als vereinzelte heftige Stürme, weil letztere zwar die Steilränder der Windkehlen tief aushöhlen, die flachen Luvseiten aber nur bis zu mässiger Tiefe angreifen.

Von grösstem Einfluss auf Dünenbildung ist der Wechsel des Wetters. Beim Wechsel der Feuchtigkeit verhalten die zahlreich übereinanderliegenden Schichten grober und feiner Sande sich verschieden; ebenso beim Wechsel der Stärke und Richtung des Windes die höhern und niedern Teile der Dünenlandschaft, die steilern und sanftern Böschungen der verschiedenen Himmelsrichtungen.

Wenn ein lange Zeit gleichmässiges Wetter einen gewissen Beharrungszustand der Dünenlandschaft annähernd herbeigeführt hat, so erregt der geringste Witterungswechsel einen Aufruhr im Sande, da jede Sandstelle von diesem Wechsel in anderer Weise berührt wird.

Von hohem Einfluss wird das Klima endlich dadurch, dass jede Art von Feuchtigkeit den Pflanzenwuchs fördert und jede der auf Dünen gedeihenden Pflanzenarten an bestimmte klimatische Grenzen gebunden ist.

§ 55.

Einfluss der Pflanzendecke. Da die Pflanzen der Dünen im III. Abschnitt eine gesonderte Darstellung finden, kann hier nur kurz deren hohe geologische Wirksamkeit erwähnt werden.

Geschlossener Wald erzeugt die gebrochene Leeseite (§ 35).

Jede Art von geschlossener Pflanzendecke verhindert, solange sie nicht durch elementare Ereignisse oder durch die Hand des Menschen (Abholzungen, Pflugkultur) zerrissen wird, die Wegführung der Sandkörner. Sie bindet neu herangewehten Sand und Staub zu Dünen oder zu fruchtbaren Lössgeländen.

Gewisse Pflanzen gedeihen nur, oder doch erheblich besser, oder noch immer bei solcher Zufuhr; andere werden dadurch vernichtet.

Bäume, Sträucher und Einzelpflanzen aller Art sammeln in ihrem Windschatten schmale Zungenhügel (§ 22), die oft schnell anwachsen, aber schliesslich zur Unterkehlung der Wurzeln führen.

Der Einfluss einzelner Sträucher auf beginnende Dünenbildung ist oft überschätzt worden; obwohl zweifellos vielorts vorhanden, ist er nicht die notwendige Vorbedingung zur ersten Entstehung von Dünen.

Die Pflanzen binden den Sand 1. durch mittelbare oder unmittelbare Deckung (Windschutz); 2. durch Feuchtigkeit erhaltende Beschattung (Sonnenschutz); 3. durch Bildung von Humus, welcher die Sandkörner zu einer zerreiblichen Bodenmasse verkittet, chemische Umsetzungen fördert, nachkommenden Pflanzen vermehrte Nährstoffe zuführt und auch den Untergrund in geeigneten Lagen zu Bleisand und Ortstein umwandelt.

§ 56.

Das natürliche Vergehen der Dünen. Alles, was geworden ist, vergeht. In einer Reihe von Paragraphen ist gezeigt worden, wie jede einzelne Düne durch dieselben Kräfte, welche sie erzeugten, wieder zerstört wird. Die Wanderdüne zieht dahin über breite Flächen, die sie wieder verlässt; die Einzeldüne wächst nach Länge und Breite, bis sie ihr den Verhältnissen angepasstes natürliches Grössenmaass erreicht. Dann wird ihr allzu hoch gewordener Kamm von Windrissen zerschnitten, die schmal und niedrig gewordene Wurzel der Nehrung von Sturmfluten durchfurcht.

Aber strebt nicht die Wanderdüne endlos weiter? Auch ihr ist ein Ziel gesetzt. Ihre Maximalhöhe hängt nicht nur von der Breite der sie begrenzenden Windbahnen, sondern auch von der Menge des zugeführten Sandes ab. Nähert sie sich bei ihrem Vordringen höhern Gehängen, so wird sie zur Stufendüne; ihre Wanderung verzögert sich und die Pflanzendecke kann leichter als bisher von ihr Besitz ergreifen und schliesslich sie völlig bändigen.

Aber auch, wo eine Küstendüne oder obere Stufendüne wandert, ohne höhere Gehänge zu treffen, kommt sie, wenn kein neuer Sand zugeführt wird, schliesslich zum Stillstand.

Ein Teil ihres Sandes stürzt in Thäler und Senken aller Art, bleibt an Pflanzendecken oder in kleinern Dünen haften, bis schliesslich ein Stück nach dem andern begrünt und befestigt wird. Obere Stufendünen gelangen beim Wandern rasch in einen Strich verhältnismässiger Windstille, wo Sandgräser sie in wenigen Jahren durchwuchern. Wälder, die in ihrer Jugend noch geringe Deckung gewährten, wachsen empor und beschützen Gräser und Kräuter, welche nun leichter den Sandhang erklimmen, oder die barometrischen Minima verändern in weiter Ferne ihre Bahnen und lassen dadurch das Klima feuchter werden, die Dünen niedriger, den Pflanzenwuchs üppiger, sodass er die Oberhand gewinnen mag.

Sehr gewöhnlich ist das Aufhören der Sandzufuhr. Dies tritt ein, wenn neue Vordünen sich vorschieben oder wenn in vielleicht meilenweiter Ferne ein Kliffhaken sich verlängert und damit den Küstenstrom ablenkt, welcher den dünennährenden Strandwall mit Sand speist.

Meeresströmungen und Flüsse zerstören Dünen und breiten vor deren Sandhalde einen flachen Meeresgrund aus oder ebnen sie zur flachen, weitgebreiteten Sandstufe, deren nahes Grundwasser einen festigenden Pflanzenwuchs ermöglicht.

Verlegungen der Flussläufe schneiden ganzen Provinzen die Zufuhr losen Thalsandes ab und bewirken, dass deren Thaldünen nicht fürder anwachsen. In ihrem Gefolge treten aber auch Versumpfungen der alten Thalsohle ein, welche alle tiefern Teile des breiten Sandgebiets dem Sandfluge entziehen. Lange Ketten von Thaldünen werden so von Pflanzenwuchs oder Torfmooren umgeben; sie erhalten keinen neuen Sand mehr, verlieren aber solchen fortwährend durch Abwehen, Regengüsse und gelegentliche Ueberschwemmungen. Ein Sandschatten legt sich von ihnen auf den benachbarten Torf; sie selber aber werden immer niedriger und verschwinden schliesslich unter dem höher wachsenden Torf oder unter den auf dessen Oberfläche herandringenden flachen Schuttkegeln der Seitenthäler und parasitischen Flüsse, sofern nicht der Mensch sie zur Wohnung erkiest und mitten in der Wiesenniederung ein langgestrecktes Dorf auf dem fast verschwindenden Dünenrücken erbaut, dessen Boden er nun wohl künstlich erhöht, wenn ringsum die Alluvialebenen emporwachsen und neue Ueberschwemmungen drohen.

Die Karte der Umgegend Berlins (Abb. 63) bietet eine wahre Musterkarte von Thaldünen verschiedenster Art, von denen gar viele durch natürliche Vorgänge festgelegt worden sind, während bei andern, etwas höher gelegenen, der Mensch diesen Vorgang beschleunigt hat.

Auch das Weichselthal (Abb. 42) und das Weichseldelta (Abb. 9) enthalten in ihrer Thalsohle zahlreiche langgestreckte Dünenzüge, die

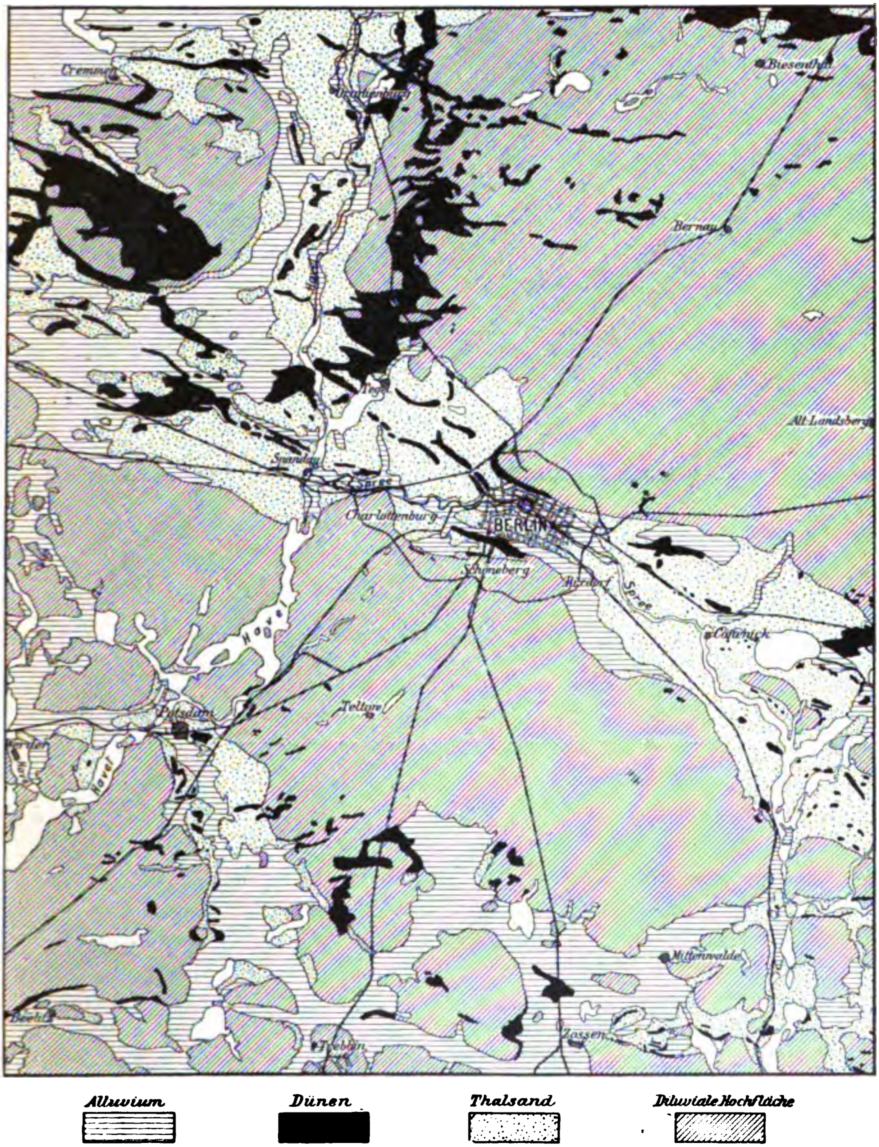


Abb. 63. Die Dünen der Gegend von Berlin.

Nach der von der Kgl. Preuss. geologischen Landesanstalt herausgegebenen, von Berendt, in Verbindung mit Brauns, Dulk, Gruner, Keilhack, Laufer und Wahnschaffe bearbeiteten geologischen Uebersichtskarte, entworfen von A. J. Maassstab 1 : 470000.

in gleicher Weise durch aufwachsende Alluvialebenen begraben werden. Nur wirkten hier, wie bei allen thätigen Flüssen, noch die Hochfluten des Stromes mit, welche den zum Stillstand verurteilten Dünensand einebnen und Torf und Dünensand langsam mit Schlick oder Flusssand überschütten.

§ 57.

Das historische Moment. Alles fliesst! Auch eine Dünenwelt ist kein auf sich selbst gestellter Organismus, kein geschlossenes System isolierter Massen, welches einem Beharrungszustande zustrebt. Die Düne steht in ununterbrochener Wechselwirkung zu ihrer Umgebung. Die einmal vorhanden gewesene Verteilung von Land und Wasser, die senkrechte und wagerechte Gestaltung des Festen und seiner einzelnen Gesteine wirken fort und fort. Sie lenken den Wind und den Sand und der vom Winde aufgetürmte Sand lenkt den Wind, drängt Flüsse und Meere zurück: er überwältigt den Wald und wird vom Walde dereinst wieder besiegt.

Als wir die Kräfte untersuchten, welche in der Dünenlandschaft bewegend und gestaltend, vernichtend und aufbauend wirken, betrachteten wir die Dünen an sich, gewissermassen vom physiologischen Standpunkt. Jede einzelne örtliche Erscheinung der Dünenwelt erfordert aber zu ihrem vollen Verständnis auch eine historische Betrachtungsweise. In dem wunderbaren System der Wechselwirkungen kommt es auf die Zeitfolge an, in welcher diese an einem gegebenen Punkte einsetzen. Für die Entwicklung einer Düne ist es nicht ein innerlicher, physiologischer, sondern ein äusserlicher, historischer Vorgang, wenn eine Küste sich hebt oder senkt, ein Strom seinen Lauf verändert, das Klima wechselt oder wenn über die vom schmelzenden Eise zurückgelassene und nun der Dünenbildung verfallene Kieswüste im Laufe von Jahrhunderten allmählich eine neue Pflanzenwelt einzieht und den Sand zum Stillstande zwingt.

Aus historischen Momenten sind die örtlichen Gestalten zu erklären; aber eine physikalische Betrachtungsweise vereinigt die wechselnden Erscheinungen unter allgemeinen, über Ort und Zeit hinausschauenden Gesichtspunkten.

Solange Wind und Wetter wechseln, wird der Mensch nie die Dünen völlig zum Stillstande zwingen. Aber indem er die in langen Zeiträumen waltenden Kräfte und deren Gesetze erkennt, vermag er weite Wüsten in segenbringende Gefilde zu wandeln.

Zweiter Abschnitt.

Küstenströmungen und Wandern der Dünen.

A. Küstenströmungen.

§ 1.

Wandern des Sandes in der See. „Die Küsten des Meeres sind in beständiger Umbildung begriffen. Wellen und Strömungen nagen an den Ufern, unterwaschen die steilen Hänge, lösen die flachen Sandküsten und führen die Trümmer an geschützte Stellen, wo sie neue Verlandungen erzeugen. Stets erneute Wellenschläge vermindern die Grösse der Trümmer; sie sinken allmählich auf dem Uferhang hinab in die Tiefe oder die Strömung führt sie weiter. So ist das Festland umsäumt mit einem beweglichen Gürtel gröberer und feinerer Geschiebe.“*)

Im I. Abschnitt §§ 10 und 11 ist die Erosion an den Küsten und die Abrasion des Meeresgrundes eingehend geschildert worden. Da auf dem Meeresgrunde die Wasserelemente bei der Wellenerregung ihre elliptischen Schwingungen nicht vollenden können, sondern nur pendelartig sich bewegen, so tritt durch die Reibung und den Stoss eine Aufwühlung der Sandkörnchen ein. Dieselben werden dadurch in die Wellenbewegung mit hineingezogen. Sie folgen der Richtung der Wellen. „Trifft die Welle normal gegen das Ufer, so tritt jedes Körnchen ungefähr an dieselbe Stelle zurück, welche es früher inne hatte. Gewöhnlich laufen aber die Wellen etwas schräg auf das Ufer auf, und alsdann setzen sie auch die Sand- und Kieskörnchen in schräger Richtung in Bewegung, so dass diese längs dem Strande etwas vor-

*) H. Keller, Zeitschrift für Bauwesen 1881.

rücken."*) Auch beim Rücklauf behält das Wasser die fortschreitende Bewegung bei, sobald nur ein mässiger Wellenschlag herrscht. Es ergiebt sich daher im allgemeinen, dass die Sand- und Kieskörnchen im Zickzack abwechselnd auf- und abtreiben. So bildet sich der Strand in flacher Neigung aus.

Wo der rücklaufende Strom der aufgelaufenen Welle einer neuen kommenden Welle begegnet, wird er plötzlich unterbrochen und lässt den Sand und Kies, den er mit sich führte, fallen. Hier bilden sich niedrige Riffe mit steiler Böschung. Die Riffe rücken vor und zurück mit steigendem und fallendem Wasserspiegel, sie wachsen und nehmen ab mit der Stärke der Wellen.

§ 2.

Temperatur-, Tide- und Windströmungen. Die Küstenströmungen in der See werden hervorgerufen entweder durch Unterschiede der Temperatur oder durch den Einfluss von Ebbe und Flut oder durch den Wind.

Die Temperaturströmungen entstehen durch die Unterschiede der Erwärmung des Wassers im Zusammenhange mit der Umdrehung der Erde. Das Wasser strömt aus höheren Breiten dem Aequator zu. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde ist hier aber grösser als dort, das Wasser kommt daher mit einer Geschwindigkeit an, die derjenigen des vorhandenen Wassers nicht entspricht: es dreht sich minder schnell um die Achse der Erde als die Erde selbst, und es entsteht eine Strömung der neu ankommenden Wassermengen von Osten nach Westen. In der Ostsee wird eine nach Süden gerichtete kalte Strömung an das westliche Ufer gedrängt, die nach Norden gerichtete warme Strömung folgt dem Ostufer.

Der Einfluss dieser Strömungen auf die Küste wird aber gewöhnlich weit überschätzt. Auf hoher See üben sie ihre mächtigen Wirkungen aus; in der Nähe des Festlandes dagegen werden sie durch die Reibung des Wassers gegen das Land erheblich abgeschwächt. Ihre Geschwindigkeit ist so gering, dass sie einen beachtenswerten Einfluss auf die Fortbewegung schwerer Körper nicht ausüben können; sogar die Sandkörnchen entziehen sich meist ihrer Wirkung.

Die Tideströmungen sind von grösserer Bedeutung. Es sind die Flutwellen denselben Gesetzen unterworfen wie die gewöhnlichen Wellen; nur ihre Ausdehnung ist viel mächtiger, ihre Wiederkehr viel seltener. Die „Schwingungen" der gewöhnlichen Welle nennt man bei der Flutwelle „Strömungen." Sie haben einen hervorragenden

---

*) G. Hagen III. 1. S. 221.

Einfluss auf die Bildung der Strandküsten der ost- und nordfriesischen Inseln. Nachdem durch die Flut die Wassermassen in das Gebiet zwischen Insel und Festland eingetrieben waren, entsteht bei Ebbe eine kräftige Rückströmung nach der See hin. Die abfliessenden Wassermassen treffen sich auf den Seegatten zwischen den Inseln. Haben zwei Nachbarinseln verschiedene Grösse, so sind die Wassermengen aus den hinter ihnen belegenen Wattflächen verschieden gross. Die grössere Insel liefert die grössere Wassermenge, und die Tideströmung wird sich im Seegatt nach der kleineren Insel hin richten. Hieraus ist z. B. der Abbruch an den Dünen der Westküste von Baltrum zu erklären.*) Auch die Vernichtung der Halligen an der Schleswigschen Küste ist auf die Tideströmungen zurückzuführen.

Die Windströmungen d. h. diejenigen Küstenströmungen, welche auf dem Einfluss des Windes beruhen, sind von wichtigster Bedeutung. In Meeren ohne Flutwechsel schwankt die Richtung und Stärke der Küstenströmuugen fast immer mit der Richtung und Stärke des Windes. Steht der Wind schräg gegen die Küste, so geschieht die Wasser- und Sandbewegung in der zum Ufer parallelen Componente. „An der pommerschen Küste, welche sich wegen ihrer langgestreckten geraden Ausdehnung annähernd von SW. nach NO. besonders zu derartigen Beobachtungen eignet, ist die Küstenströmung nach der westlichen Seite gerichtet, wenn der Wind aus den Richtungen NNO. durch O. bis SO. weht, nach der östlichen Seite, wenn der Wind aus den Richtungen SW. durch W. bis NW. weht.**) Bei den übrigen Winden ist die Richtung öfters zweifelhaft oder abwechselnd. Im Sommer, weil die östlichen Winde häufig auftreten, werden an den Mündungen der kleinen Seehäfen Hinterpommerns die Sandbänke von Osten nach Westen zu vorgeschoben. Die starken westlichen Winde der Wintermonate treiben sie wieder zurück.“***)

Bis zu welcher Tiefe der Strom wirksam ist, hängt davon ab, wie tief abwärts die Wirkung der Welle reicht. Für mittelstarke Winde wird diese Wirkung auf 3 m, für frische Brisen auf 5 m, für Stürme auf 10 m und darüber geschätzt. Versandungen, welche bei schwachen Winden sich in 3 bis 5 m Tiefe bilden, verschwinden häufig beim Anschwellen der Winde. Die Zone, in welcher die Wanderung der Sände stattfindet, kann im allgemeinen bis zur Tiefen-

*) Schelten, Zeitschrift für Bauwesen 1895, S. 389.

**) Die Strömungen werden stets nach den Richtungen bezeichnet, wohin das Wasser fliesst, die Winde dagegen nach den Richtungen, woher sie kommen. Beide Bezeichnungen sind also entgegengesetzt. Der östliche Strom kommt aus Westen, der östliche Wind aus Osten. Diese Bezeichnungsart ist nicht nur in Deutschland, sondern auch in England und Frankreich üblich.

***) Baensch, Zeitschrift f. Bauwesen 1872.

linie 10 m angenommen werden. (Vgl. auch die Ausführungen im I. Abschn. § 11.)

Der Sand und das Geröll, welche in dem Geschiebegürtel enthalten sind, werden allmählich der Küste entlang vorwärts geschoben. Geröll und schwere Geschiebe sprungweise, Sand und leichte Teile dauernd. „Indem sich hierbei alle Unregelmässigkeiten ausfüllen, ist der Strand bei flachen Küsten meist in schlanken Kurven, welche der Richtung des Seeganges und den herrschenden Strömungen entsprechen, oft fast gradlinig ausgebildet. Kleineren Unregelmässigkeiten des Festlandes, besonders scharf eingeschnittenen Buchten, folgt weder die Strömung noch der durch Strömung und Welle hervorgerufene bewegliche Küstensaum.“ (H. Keller, Ztschr. f. Bauw. 1881.)

§ 3.

Neigung, Breite und Höhe des Strandes. Jeder Strand ist fortwährend in Bewegung. Wie der Wasserstand, die Richtung und Stärke des Windes, der Wellen und Ströme sich stetig ändern, so ändert sich dauernd der Strand. Er ist bald schmal, bald breit, bald steil ansteigend, bald flach auslaufend. Gerade wegen dieses Wechsels ist bei dem Bau der Vordünen auf den Strand besonders Bedacht zu nehmen.

Die Neigung des Strandes darf nicht zu steil sein. Ist dies der Fall, so bilden sich da, wo die Wellen aufhören, stufenförmige Absätze. Denn die Steilheit des Strandes setzt der auflaufenden Welle zu grossen Widerstand entgegen. Der Stoss der Welle wird dadurch zu heftig, er äussert sich in einem starken Abbruch. Die stufenförmigen Absätze rücken weiter vor, und schon bei mässigem Sturm bricht das Ufer ab.

Die Neigung eines nicht abbrechenden Strandes ist nach Hagen (III. 1. S. 87) immer flacher als 1 : 10. Gewöhnlich und namentlich bei Stürmen, wenn hohe und lange Wellen auflaufen, wird die Neigung bedeutend geringer und nimmt bis 1 : 20 und darunter ab. In den auf der frischen Nehrung selbst gemessenen Querschnitten hat Hagen (III. 2. S. 121) die Böschungen 1 : 25 und 1 : 33 gefunden. Er sagt: „Bei wiederholten Messungen des Strandes an anderen Stellen, wo er sich regelmässig ausgebildet hatte, fand ich niemals eine Stelle, wo er steiler als 1 : 20 gewesen wäre.“ Er hält dies Verhältnis für die äusserste Grenze der Steilheit, welche man bei Seebauten für den Strand in Betracht ziehen darf. An der Nordsee in Holland beträgt die Neigung des Strandes gewöhnlich 1 : 50.

Gar zu flach darf der Strand allerdings nicht werden. Denn nimmt er die horizontale Lage an, oder senkt er sich gar vor dem höheren

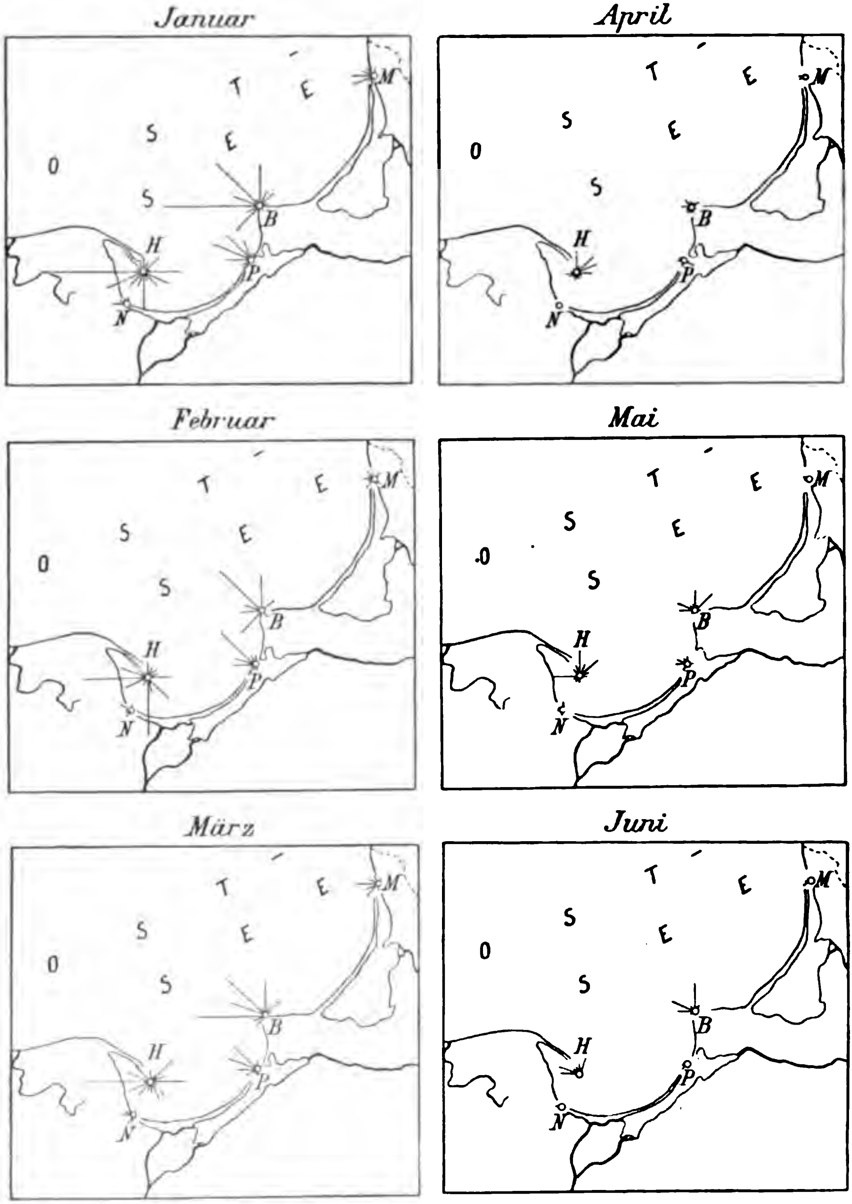
Ufer abwärts, wie nicht selten geschieht, so wird dieses Ufer bei starkem Wellenschlag getroffen und bricht ab.

Die Höhe des Strandes muss derartig sein, dass beim höchsten Wasserstande und bei Stürmen die auflaufende Welle keinen zu grossen Schaden an der Vordüne anrichtet. Aus der so gewonnenen Höhe und der zweckmässig gewählten Neigung bestimmt sich die Breite des Strandes, welche für die Anlage der Werke notwendig ist.

Für die Ostsee hat man die erforderliche Höhe des Strandes auf mindestens 2 m über Mittelwasser angenommen und bei der Neigung des Strandes 1 : 20 die Breite 40 m abgeleitet. Diese wurde als normalmässige Breite bezeichnet. Da aber 2 m die geringste Höhe, und 1 : 20 die steilste Neigung ist, so folgt, dass 40 m auch nur die geringste Breite des Strandes darstellt, welche ohne Not nicht unterschritten werden soll. In der That lehrt die Erfahrung, dass alle Strandstrecken, welche geringere Breite haben, ausserordentlich leicht angegriffen werden, und die an ihnen belegenen Vordünen viel Unterhaltungskosten verursachen. Der Lauf der Vordüne folgt im grossen Zuge dem Strande, er berücksichtigt nicht jede vorspringende Ecke und zurückweichende Bucht. Die vom Fuss der Vordüne an zu rechnende Strandbreite ist daher sehr verschieden. Wenn 40 m an keiner Stelle unterschritten werden darf, so ergeben sich an anderen Stellen Breiten von 60 bis 80 m, sogar bis 100 m. Die Höhe des Dünenfusses ist im allgemeinen auf 2,5 m über Mittelwasser der Ostsee zu legen.

Im Gebiete der Ebbe und Flut ist der gewöhnliche Hochwasserstand massgebend für die dem Strande zu belassende Höhe und Breite. Unterhalb des gewöhnlichen Hochwassers darf keinenfalls der Fuss der Aussenböschung der Vordüne reichen, er würde sonst dauernd Ausspülungen ausgesetzt sein. Besser ist es, den Fuss der Vordüne erst in 1 m Höhe über dem gewöhnlichen Hochwasser beginnen zu lassen, so dass der Wellenschlag bei Hochwasser die Aussenböschung nicht beschädigt. Am besten ist eine so hohe Lage, dass auch die Sturmfluten den Fuss der Vordüne nicht erreichen. In Holland verlangt man neuerdings, dass die Vordüne des Wellenschlages wegen mindestens 1 m über der höchsten Sturmflut liege. Bei einer Neigung des Strandes von 1 : 50, einer Hebung des gewöhnlichen Hochwassers über Niedrigwasser von 2 m, der höchsten Sturmflut über gewöhnlichem Hochwasser gleichfalls von 2 m und einem Ansteigen der Wellen von 1 m würde sich eine Strandbreite bis zur Niedrigwasserlinie von $5 \times 50 = 250$ m ergeben.*)

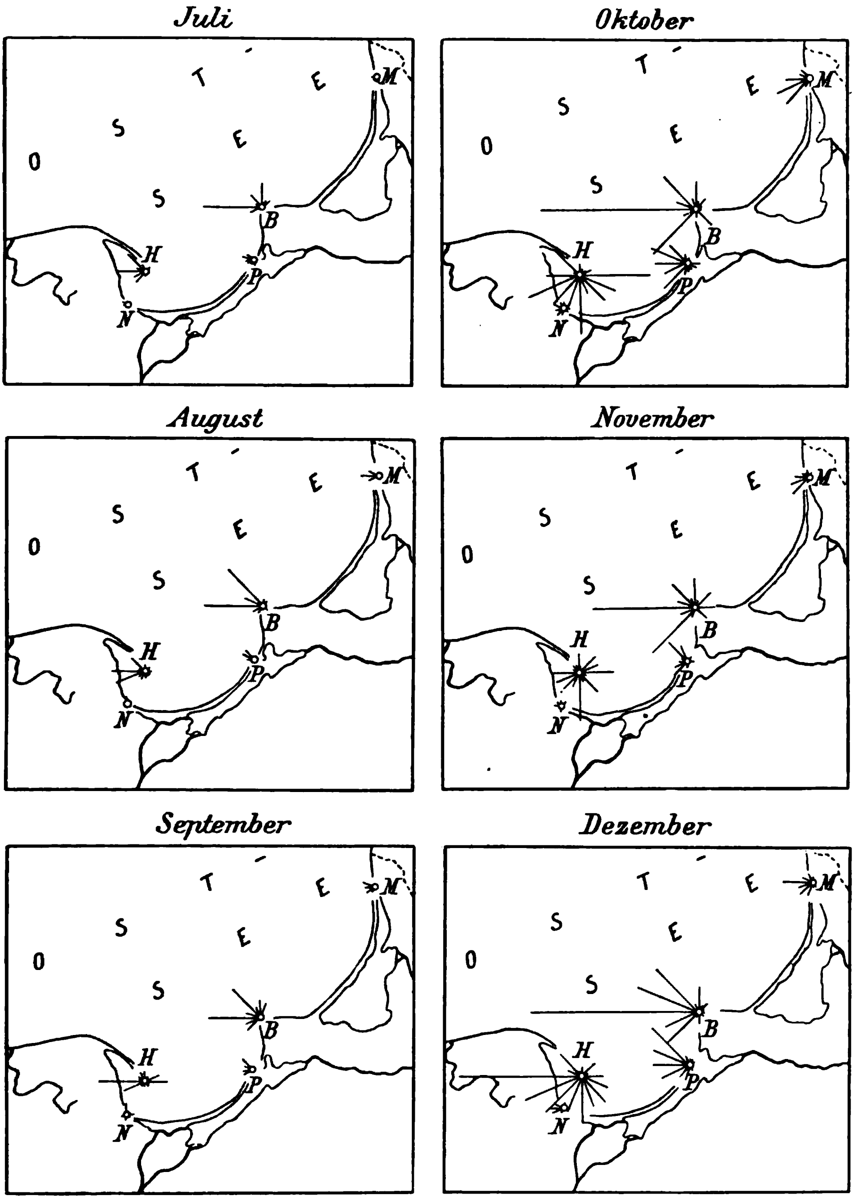
*) von Horn im Centralbl. d. Bauverw. 1899, S. 401.



Die Längen der aus 16 Richtungen gebildeten Windrosen entsprechen der Häufigkeit stürmischer Winde aus dieser Himmelsrichtung.

H = Hela; N = Neufahrwasser; P = Pillau; B = Brüsterort; M = Memel.

Abb. 64—75. Häufigkeit der stürmischen Winde in den Jahren



Maßstab für die Häufigkeit nach ‰ der Beobachtungen

10 0 20 40 60 80 100 ‰

an der west- und ostpreussischen Küste.
1878 bis 1887.

B. Wandern der Dünen.

§ 4.

Die herrschende Windrichtung. Diejenige Windrichtung, welche nach Häufigkeit und Stärke die übrigen übertrifft und darum den grössten Einfluss auf die Küste ausübt, nennt man die vorherrschende oder herrschende Windrichtung. Sie kann durch statistische Aufzeichnungen ermittelt werden. Abb. 64 bis 75 zeigen bildlich die Häufigkeit der stürmischen Winde an der west- und ostpreussischen Küste. Es sind bei den Stationen Hela, Neufahrwasser, Pillau, Brüsterort und Memel die stürmischen Winde der Jahre 1878—87 auf 16 Richtungen verteilt derartig dargestellt worden, dass für 1 ‰ der Beobachtungen eine bestimmte Länge angenommen wurde. Je länger bei einer Station die Linie einer gewissen Windrichtung gezeichnet ist, um so häufiger traten stürmische Winde aus dieser Richtung ein. Die Tafeln zeigen, dass bei den Dünen der frischen und kurischen Nehrung die westlichen Winde vorwiegen, ein wenig beeinflusst durch Winde aus nördlicher Richtung, und dass diese Winde hauptsächlich herrschen in den Monaten Oktober bis Januar. Sie zeigen ferner, dass in den Monaten April bis Juni die windstillste Zeit ist, also diejenige Zeit, welche am besten geeignet ist für die Ausführung von Strandbefestigungen und die Anlage von Strauchzäunen. Letztere können demnächst in der an Stürmen reicheren Zeit von Juli bis September wirksam zur Versandung kommen.

Man kann auch in den Wanderdünen selbst die herrschende Windrichtung erkennen: es ist diejenige Richtung, in welcher die tiefen Einrisse und Einsattelungen in den Wanderdünen sich ausbilden. (Vgl. Abb. 104 S. 168.)

Das Vorschieben oder Wandern der Dünen findet in der so ermittelten Richtung statt. Es bildet sich auf der Luvseite, d. h. der dem Winde zugekehrten Seite der Düne, eine flach ansteigende Böschung, an der Leeseite, d. h. der von dem Winde abgekehrten Seite, eine steile Böschung. Entgegengesetzt gerichtete Winde wirken im umgekehrten Sinne. Ihre Gegenwirkung ist nicht unbeträchtlich, denn sie finden trotz geringerer Stärke günstigere Angriffsstellen. Die starken, aus der herrschenden Richtung kommenden Winde pflegen in Monaten mit häufigen Niederschlägen zu wehen; hierdurch wird ihr Einfluss auf das Sandtreiben beschränkt. Die entgegengesetzt gerichteten Winde sind trockener und darum bei mässiger Stärke wirkungsvoller. Der herrschende Wind übt seinen

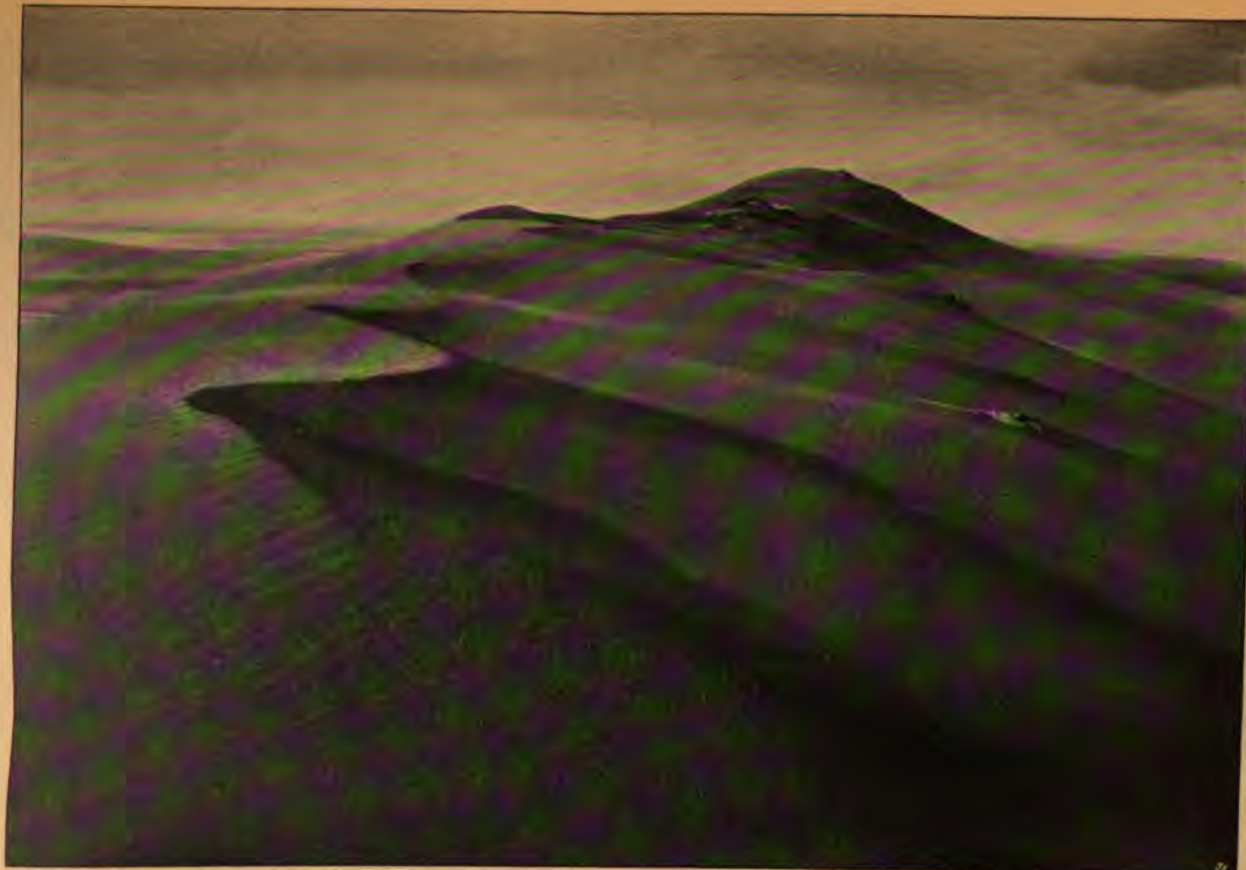


Abb. 76. Wanderdüne auf der kurischen Nehrung.
(Nach einer Aufnahme der Hofphotographen Gottheil & Sohn in Königsberg.

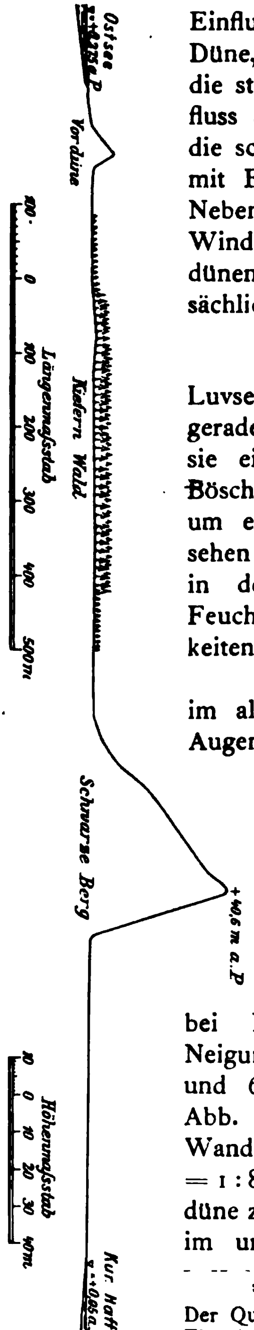


Abb. 77. Querschnitt durch die kurische Nehrung in der Sturzdüne des schwarzen Berges bei Rossitten 1898 (vgl. Abb. 101 S. 163).

Einfluss gegen die flach ansteigende Luvseite der Düne, der entgegengesetzt gerichtete Wind greift die steil hängende Leeseite an. So wird der Einfluss der starken, vorherrschenden Winde durch die schwachen, entgegengesetzt gerichteten Winde mit Erfolg zum Teil aufgehoben. Ohne diese Nebenumstände bei der Wirkung der schwächeren Winde würde das Vorrücken der Wanderdünen noch viel schneller geschehen, als es thatsächlich erfolgt.

§ 5.

Der Querschnitt der Wanderdünen. Die Luvseite der Wanderdüne steigt nicht immer in gerader Linie gleichmässig empor; gewöhnlich ist sie ein wenig konkav gekrümmt, so dass der Böschungswinkel unmittelbar unter der Krone um ein geringes grösser ist als am Fuss. Abgesehen hiervon führen auch Unregelmässigkeiten in der Sandablagerung, Reste alten Waldes, Feuchtigkeit und dergl. zu weiteren Unregelmässigkeiten in der Böschungsneigung.

Der Böschungswinkel der Wanderdünen ist im allgemeinen viel geringer, als man nach dem Augenmass anzunehmen geneigt ist. Hagen hat an Wanderdünen der frischen Nehrung bei Gr.-Bruch für die Luvseite Neigungswinkel gefunden von $4^0 40'$ bis $5^0 52'$ oder 1 : 12¼ bis 1 : 10.*) Verf. fand bei den in den Abb. 106 S. 170 und 77 dardargestellten Querschnitten der Wanderdüne bei Grenzhaus auf der frischen Nehrung und des schwarzen Berges bei Rossitten auf der kurischen Nehrung Neigungen von durchschnittlich 7^0, d. i. 1 : 8 und $6^0 12'$, d. i. 1 : 9,2; ferner bei dem in Abb. 98 S. 160 dargestellten Querschnitt der Wanderdüne am Kirchhof zu Alt-Nidden $6^0 33' = 1 : 8{,}7$ und bei dem Querschnitt einer Wanderdüne zwischen Süderspitze und Schwarzort (Stat. 9) im unteren Teil der Luvseite $3^0 22' = 1 : 17$,

*) G. Hagen, Seeufer- und Hafenbau. III 2. S. 106. Der Querschnitt der Dünen findet sich daselbst Taf. XIII Fig. 81a u. b.



Abb. 78. Der Predinberg bei Rossitten.
(Nach einer Aufnahme der Hofphotographen Gottheil & Sohn in Königsberg.)

in der Mitte $6^0 = 1 : 9,5$ und in dem kleinen obersten Teile sogar $14^0 = 1 : 4$.*)

Die innere landseitige oder leeseitige Böschung der Wanderdüne ist erheblich steiler als diejenige der Luvseite. Denn hier sind die Sandkörnchen dem Einfluss des Windes mehr oder weniger entzogen. Die mittlere Neigung ist unter gewöhnlichen Umständen bei geringer Beeinflussung des Windes ungefähr $26^0 = 1 : 2$. Bei starker Beeinflussung des Windes wird die leeseitige Böschung flacher. So betrug z. B. bei dem eben erwähnten Querschnitt Stat. 9 der kurischen Nehrung die Neigung der Leeseite im oberen Teil $16^0 = 1 : 3,5'$, im unteren $7^0 36' = 1 : 7,5$.

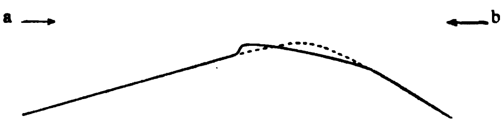


Abb. 79. Querschnitt einer Wanderdüne bei landseitigem Winde.
a = Richtung des Seewindes, b = des Landwindes.

Auf dem Kamm der Düne geht die äussere in die innere Böschung meist in gleichförmiger flachgewölbter Krümmung über. Wenn aber heftige Winde die Düne angreifen, so wird besonders der obere Teil der luvseitigen Böschung getroffen. Tiefe Furchen reisst der Wind in die Höhe und bildet aus der flachen Wölbung einen scharfen Grat, dessen Begrenzung den Windkehlen folgt. Abb. 76 giebt hiervon ein anschauliches Bild. Die Luvseite ist rechts, die Leeseite links; rechts im Hintergrunde ist der weisse Sand der Vordünen zu erkennen. Wirbelwinde auf dem Dünenkamm erzeugen besonders dann, wenn die Düne feucht ist und dadurch im Stande ist, steile Böschungen zu bilden, die wunderbarsten Formen. Abb. 78 zeigt als Beispiel den Predinberg bei Rossitten.

Sobald der Wind umsetzt und längere Zeit aus einer anderen als der herrschenden Richtung weht, ändert sich die Form der Wanderdüne. Dann wird die bisherige Luvseite zur Leeseite und umgekehrt. Der obere Teil der Wanderdüne nimmt an der bisherigen Leeseite die flache Neigung der Luvseite an, und auf der bisherigen Luvseite bildet sich eine kurze steile Böschung aus (s. Abb. 79). So wechselt im Scheitel der Wanderdüne je nach der Windrichtung Auftrag und Abtrag. Die Aufhöhung der Abtragsstellen erfolgt bei dem Umsetzen des Windes in der Regel so schnell, dass der Sand in lockerer Masse

*) Aehnliche Neigungsverhältnisse zeigen die Dünen im Auslande: Élie de Beaumont, E. Reclus und Delesse geben für die Dünen in der Gascogne den Neigungswinkel auf 7 bis 10^0 an. Am finnischen und rigaischen Meerbusen hat Sokolow (Die Dünen, S. 75) 5 bis 12^0 gefunden.



Abb. 80. Der schwarze Berg bei Rossitten i. J. 1898.
(Diese und die folgenden Abbildungen dieses Abschnittes sind besonders für das Dünenwerk gefertigte Aufnahmen des Verfassers.)

liegen bleibt, und der Fuss des Wanderers hier tief einsinkt, während der übrige Teil der Wanderdüne fest wie eine Tenne ist.

§ 6.

Sturzdünen. Ist die Düne sehr hoch, und liegt die Leeseite der Wanderdüne so geschützt, dass sie nicht vom Winde getroffen werden kann, so rollt der Sand allein unter dem Einfluss seines Gewichts hinab: es bildet sich dann die sogenannte Sturzdüne. Hier ist die steilste Böschung, welche die Wanderdüne annehmen kann. Abb. 80 zeigt die Sturzdüne des schwarzen Berges bei Rossitten. Die Böschung hängt von dem Reibungswinkel des lockeren trockenen Sandes ab. Derselbe beträgt bei Laboratoriumsversuchen 36—40°. Draussen, wo der Sand auch anderen Einflüssen unterliegt, welche ein Abrutschen veranlassen, ist der Winkel geringer.

Hagen hat (III 2, S. 106 und 110) 26,5 bis 31,5° ermittelt d. i. 1 : 2 bis 1 : 1,63. Verf. fand an der Sturzdüne des schwarzen Berges bei Rossitten einen Neigungswinkel von 33° = 1 : 1,54 und an anderen Sturzdünen der frischen und kurischen Nehrung 30° und 31°, d. i. 1 : 1,73 und 1 : 1,66*). Nur dann nimmt die Sturzdüne ausnahmsweise eine steilere Neigung an, wenn der Sand feucht und dadurch gefestigt ist, oder wenn die Höhe gering ist und eine schwache Vegetation zur Festigung des Sandes beiträgt. So fand Hagen (III 2, S. 110) einmal eine Neigung von 40°; aber diese Düne war nur 6,3 m hoch und lag „sehr geschützt vor Winden in einem dichten Gebüsche und war mit Moos und Farnkräutern überzogen".

Die Böschung der Sturzdüne ist ohne Unterbrechung eine gerade Linie. Der Abfall der Düne in diese Neigung erfolgt aber fast niemals unmittelbar vom Gipfel aus: es bildet sich vielmehr auf dem Kamm der Wanderdüne stets eine kleine ziemlich regelmässige Wölbung, welche in geringer Höhe unter dem Scheitel an der Leeseite in die Böschung der Sturzdüne übergeht. Vgl. den Querschnitt der Düne bei Grenzhaus Abb. 106 S. 170.

§ 7.

Ueberwehen von Wäldern. Wenn Wanderdünen in der Richtung ihrer Wanderung auf Wälder treffen, so überdecken sie dieselben. In früheren Zeiten war dies häufiger vorgekommen als jetzt. So schreibt der Stadtrat Trendelenburg zu Danzig am 6. März 1824 (Akten

---

*) Aehnliche Ergebnisse haben die Messungen bei Sturzdünen in anderen Ländern gehabt. So ermittelte Forchhammer bei den jütländischen Dünen 30°, Andresen 28° bis 31°, Raulin an den Dünen der Gascogne 28 bis 32°, und Sokolow an den Dünen des finnischen und rigaischen Meerbusens 29 bis 32°.



Abb. 81. Wanderdüne bei Leba, einen Kiefernwald überschüttend.

des Magistrats zu Danzig): „Vor mehr als 40 Jahren habe ich noch ein Schauspiel gesehen, welches man jetzt nicht mehr hat, dass bei Vogelsang und hinter Pröbbernau ganze Strecken Waldes bis an die Krone im Sande standen. Jetzt sind sie ganz bedeckt, und wo jetzt die neuen Sandgraspflanzungen bei Vogelsang sind, da hat man den Wald unter seinen Füssen und geht auf den Wipfeln der Bäume spazieren.“

Dennoch kann man dies Schauspiel auch heute noch beobachten: die der Stadt Leba in Hinterpommern gehörigen Dünen sind nicht befestigt. Sie wandern in vorhandene Kiefernwälder hinein. Abb. 81 stellt eine im Jahre 1898 genommene Aufnahme dar*).

Welchen Einfluss die Versandung auf die Bäume ausübt, schildert Hagen sehr zutreffend (III 2 S. 107): „Indem der Sand während des Sturmes in einzelnen Körnchen herabfällt oder bei trockener Witterung später herabrieselt und alsdann eine etwas flachere Böschung annimmt, so zerbricht er keineswegs die Bäume, welche er trifft, ja er zerknickt selbst keinen Zweig derselben und beschädigt kein Blättchen, wie man beim Ausgraben der Dossirung in ihrem oberen Teile deutlich wahrnehmen kann, doch sterben die Bäume, wenn sie hoch überschüttet sind, mit der Zeit ab. Die Gebüsche, welche oben auf der Krone der Düne sichtbar waren, waren nichts anderes als die Wipfel der versandeten Bäume, und es war zugleich sehr augenfällig, wie dieselben noch längere oder kürzere Zeit hindurch vegetirten. Die Kiefer wurde jedesmal zuerst angegriffen und starb am schnellsten ab. Die Birke, die Pappel und selbst die Eiche erhielten sich länger, am längsten dauerte aber die gewöhnliche Eller (betula alnus glutinosa), die mehrere Jahre hindurch noch kräftig fortwuchs und frische Zweige trieb, bis auch sie endlich abstarb.“

Den Kampf der Bäume mit dem Sande bei teilweiser Ueberschüttung schildert Keilhack in der Wochenschrift Prometheus (1893 S. 106): „Anders ist das Verhalten der Waldbäume, wenn die verschüttende Düne nicht hoch genug ist, dieselben vollständig zu begraben. Jüngere bis zur halben Höhe und darüber verschüttete Bäume sterben nach wenigen Jahren ab, ältere Bäume aber können sich an eine teilweise Einschüttung anpassen. Die Kiefern thun es, indem sie nicht mehr in die Höhe wachsen, sondern sich in die Breite ausdehnen und schliesslich ein dichtes schirmförmiges Netz von Zweigen auf den Sand auflegen. Weiden und Birken aber, die teilweise eingeweht

*) Auch im Auslande giebt es Wanderdünen, welche Wälder überschütten. So sah Verf. im Jahre 1898 eine ungefähr 20 m hohe Düne bei Sablonney unweit Arcachon südwestlich von Bordeaux in die hinterliegenden Wälder von Pinus maritima wandern (vgl. auch Grandjean S. 41). Auch in Russland sind bei Sestrorétzk am rigaischen Meerbusen Wanderdünen, welche hohe Kiefernwälder überschütten (s. Sokolow S. 81).



Abb. 82. Wilde ausgewehte Binnendüne bei Nimmersatt nahe der russischen Grenze.

sind, treiben dicht unter der neuen Oberfläche aus dem Stamm heraus zahlreiche Wurzeln, die die weitere Ernährung des Baumes oder Strauches bewirken. Wandert die Düne weiter, so werden diese Wurzeln wieder ausgeblasen und hängen dann hoch über dem Boden in der Luft."

Ist die Wanderdüne über den Wald hinweg gegangen, so treten die abgestorbenen Bäume an der entgegen gesetzten Seite zu Tage. Diesen Vorgang zeigt Abb. 82, welche eine wilde im Auswehen begriffene Binnendüne bei Nimmersatt nahe der russischen Grenze darstellt. Der Wind reisst tiefe Mulden in das Dünengelände. Einige spärlich bewachsene Kuppen widerstehen ihm noch einige Zeit; in den Senkungen aber zeigen sich die früher überschütteten Baumstämme.

Noch weiter vorgeschritten ist das Auswehen eines Kiefernwaldes am Polenzer Haken westlich von Leba, welcher in Abb. 83 dargestellt ist. Es ist ersichtlich, wie das Geäst der früher hier vorhandenen Bäume sich in dem Sande erhalten hat.

Den Zustand derartiger Bäume schildert Hagen wie folgt (III 2, S. 108): „Die Baumstämme sind so verrottet, dass ihnen alle Festigkeit fehlt. Das Holz in vollem Wachstum wurde plötzlich hoch mit Sand überdeckt, es trat also eine Stockung der Säfte ein, welche die Fasern zerstörte. Die Rinde leidet dabei am wenigsten und bildet sonach eine cylindrische Umhüllung, welche das Eintreten des Sandes verhindert. Im Innern derselben bemerkt man ein zellenförmiges Gefüge, dessen Zwischenwände vergleichungsweise gegen die grossen, sternförmig gruppierten offenen Zellen überaus dünn und zugleich von so wenig Konsistenz sind, dass man sie nur mit der grössten Vorsicht anfassen darf, weil sie unter dem leisesten Drucke brechen. Diese Stämme geben Veranlassung zu einer eigentümlichen Gefahr, die bei der mässigen Stärke der verschütteten Bäume für den Fussgänger zwar nicht von Bedeutung ist; aber beim Reiten geschieht es leicht, dass das Pferd auf einen solchen mit Sand überwehten Stamm tritt und den Fuss bricht."

So weit Hagen über die frische Nehrung. Auf der kurischen Nehrung sind die übersandeten Stämme so stark und die bei der Verwesung entstandenen mit Holzmullm gefüllten Röhren mitunter so weit, dass auch Fussgänger in denselben einsinken. Dasselbe ist nach Keilhack auch in den Dünen Hinterpommerns vorgekommen.

Nicht immer verwittern die Baumstämme zu Röhren. Es kommt ebenso oft vor, dass der Splint zuerst verwittert und der feste Kern übrig bleibt. Dies ist besonders bei sehr starken alten Bäumen der Fall, welche zur Zeit der Uebersandung keine gleichmässig feste cylindrische Rinde besessen hatten. Dann verwittert das Holz von aussen



Abb. 83. Ausgewehter Kiefernwald am Polenzer Haken bei Leba.

nach innen. Die harzreichen Teile in der Nähe der Aeste widerstehen länger der Verwesung, sie bilden mit dem Kern des Stammes eigentümliche Formen. Abb. 84 zeigt einen aus der Luvseite der Wanderdüne bei Schwarzort hervorragenden Stamm. Die knorrigen astreichen Teile sind dicker als der platte Schaft des Stammes, dessen Splint verwest ist. Einige umherliegende halbverweste Baumreste



Abb. 84. Ausgewehte Baumstämme bei Schwarzort.

zeigen die aus der teilweisen Verwitterung des Splintes entstehenden wunderbaren Formen.

Auch der Boden, auf welchem der alte Wald gestanden hatte, tritt bei dem Vorschreiten der Wanderdüne zu Tage. Abb. 85 zeigt die Spur eines alten Waldbodens auf der Luvseite einer Wanderdüne. Rechts im Hintergrunde erkennt man das Meer mit der Vordüne, links in der Ferne den Wald von Schwarzort. Zwischen der Vordüne und dem Fuss der Wanderdüne zieht sich die benarbte, zum Teil aufgeforstete Palwe*) hin. Die schräg ansteigende Böschung der Luvseite

*) „Palwen" nennt man auf der kurischen Nehrung die Ebenen zwischen Vordünen und Binnendünen, welche durch das Ueberwehen der Wanderdünen bis fast zur Tiefe des Grundwasserstandes sich gleichmässig ausgebildet haben. Dieselben Flächen heissen auf der frischen Nehrung „Glowwen".



Abb. 85. Alter Waldboden auf der Wanderdüne bei Schwarzort.

und ihre Unterbrechung durch den Waldboden ist leicht erkennbar. Wie dieser Waldboden früher gleichmässig die Düne bedeckte, wie er Berge und Schluchten einst überzog, so tritt er bei der Wanderung der Dünen in ziemlich gleichmässig verlaufenden schwarzen Wellenlinien an der Luvseite hervor. Bald hier, bald dort, bald horizontal, bald schräg abfallend, ansteigend oder plötzlich von der Höhe nach unten sich senkend, nicht immer in einem Zuge, oft mit einzelnen Unterbrechungen, so verläuft diese Linie in abenteuerlichen Formen die Dünen entlang. Mächtige Schollen alten Waldbodens bilden mitunter breite Absätze in derselben.

Man fragt sich unwillkürlich, welches war die Veranlassung zum Aufbrechen des alten Waldbodens und damit zur neuen Wanderung der Dünen und zum Ueberschütten alter Kulturen? Sehr zu unrecht wird dies der Geldnot in Kriegszeiten früherer preussischer Fürsten zugeschrieben. Wasser und Wind hatten die Luvseiten wie jetzt so auch früher angegriffen. Waren erst einige Stellen blossgelegt, so war die weitere und vollständige Zerstörung nur eine Frage der Zeit. Menschen werden das Ihrige dazu beigetragen haben, den Naturkräften Angriffspunkte zu verschaffen. So waren nach Wutzke (Pr. Prov. Bl. V. S. 305) eine grosse Zahl von Gütern auf dem Festlande jenseits des Haffs im Kreise Labiau und in der Gegend von Schaaken mit dem Bezug ihres Bau- und Brennholzes auf die kurische Nehrung angewiesen, zum Teil waren sie freiholz-berechtigt. Das Holz wurde zur Winterszeit über Eis leicht befördert. Zweifellos sind hier manche Missbräuche und Durchholzungen in gerader Linie quer zur Nehrung vorgekommen. Auch Teerschwelereien fanden in ausgedehntem Maasse statt. Es waren besonders Schweden, die im Sommer über See nach der Nehrung kamen, und welche des Teeres für den Schiffbau benötigten. Das in den Kriegen des Grossen Kurfürsten und des Grossen Friedrich viele Verwüstungen entstanden, dürfte keinem Zweifel unterliegen. So steht fest, dass in dem siebenjährigen Kriege die russischen Truppen in den damals noch vorhandenen Resten der alten Dünen-Waldungen rücksichtslos hausten; geradeso, wie die Franzosen im Anfange des neunzehnten Jahrhrhunderts die jungen Kulturen des Sören Biörn verwüsteten (vergl. IV. Abschn. § 11).

§ 8.

Die vierfache Waldgeneration bei Pillkoppen. An der Luvseite der Wanderdüne der kurischen Nehrung hat man vielfach Scherben, Pfeilspitzen und Aexte gefunden, welche der Steinzeit angehören. Diese Reste einer ungefähr drei Jahrtausende alten Kultur finden sich stets in geringer Höhe über der Palwe unmittelbar am

Fusse der Düne in dunklen Streifen alten Humusbodens. Baumreste enthalten diese Streifen nicht, nur Reste von Holzkohlen. Die Scherben von Thongefässen, welche nesterweisse vorkommen, sind nach dem Urteil der Altertumsforscher Reste von Scherbenhügeln. Sie deuten die Wohnstätten der Menschen aus der Steinzeit an und tragen meist das Schnur- oder das Zickzackornament.

Weit oberhalb dieser Humusschicht der Steinzeit finden sich die

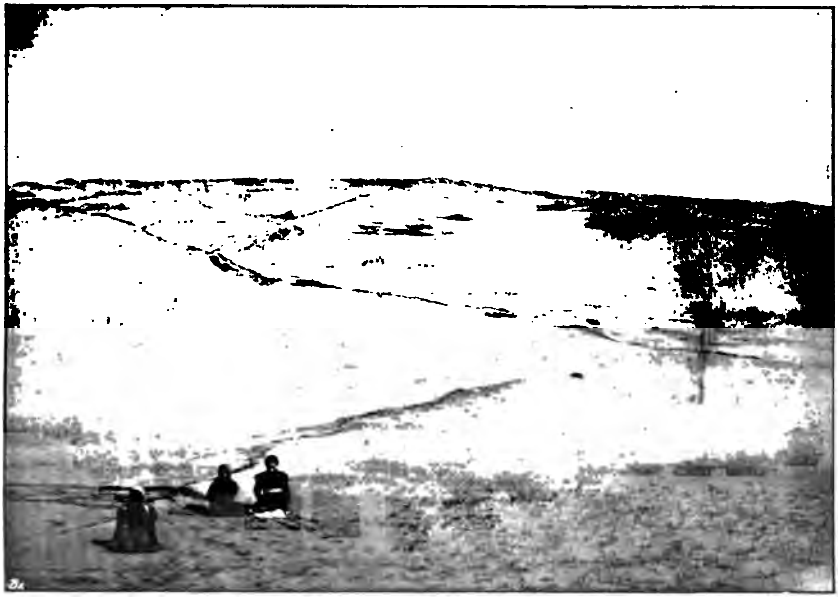


Abb. 86. Vierfache Waldgeneration am Leepas-Kalns bei Pillkoppen.

Reste des jüngst vergangenen Waldes, desjenigen Waldes, dessen Spuren wir noch jetzt in Schwarzort und Nidden vor uns haben.

Man kann vermuten, dass zwischen der Jahrtausende zurück liegenden Steinzeit und der Zeit des jüngsten Hochwaldes mannigfache Veränderungen auf der Nehrung vorgekommen waren. Und in der That lässt sich dies an manchen Stellen erkennen. Es sind besonders die Wanderdünen zwischen Nidden und Rossitten, welche deutlich sichtbare Spuren eines wiederholt vorgekommenen Wechsels zwischen Wald und Wanderdüne tragen. Die Stelle, wo der Mensch der Steinzeit hinter dem Schutz des Nehrungswaldes lebte, wurde verschüttet von der aufgebrochenen und zum Wandern gekommenen Düne. Aus irgend welchen Ursachen, welche hier unerörtert bleiben

können, bedeckte letztere sich von neuem mit Wald. Dieser wurde später aber wiederum zerstört, die Düne kam wieder in das Treiben und überschüttete die zweite Waldgeneration, bis eine dritte Vegetation auch diese festlegte. So wechselte der Zustand der Nehrung in Jahrhunderte oder Jahrtausende langen Zwischenräumen: bald Wald und Kulturland, bald Wanderdüne und öde Fläche, dabei ein langsames Vorwärtsschreiten von der See nach dem Haff.

Am Leepas-Kalns (d. h. Lindenberg) bei Pillkoppen lässt sich aus den vorhandenen Spuren das Dasein einer vierfachen Waldgeneration ableiten. Abb. 86 zeigt eine solche Stelle im Schaubilde, die Abb. 87 und 88 im Lageplan und den Schnitten. Letztere er-

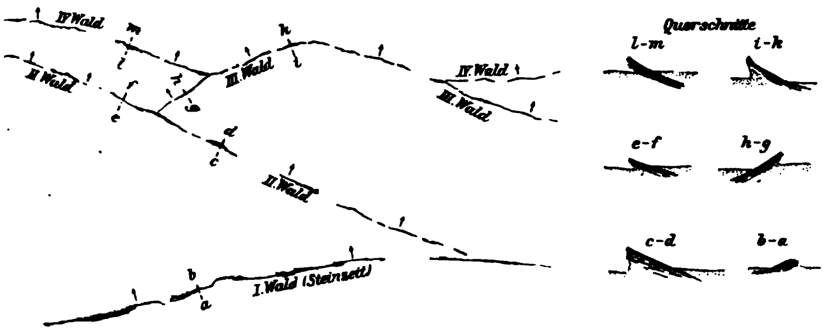


Abb. 87 u. 88. Lageplan und Querschnitte der Wanderdüne bei Pillkoppen mit vierfacher Waldgeneration.

läutern das Streichen der Schichten. Die Schichten IV gehören dem jüngstvergangenen Walde an. An den Berührungspunkten von IV und III lässt sich aus dem Streichen der Schichten erkennen, dass die III. Schicht nicht derselben Bildungszeit angehört wie die IV., sondern älter ist als diese. Ebenso lässt sich an der Berührungsstelle von III und II und dem Streichen der Schichten daselbst erkennen, dass II älter ist als III. Die Schicht I stellt die Schicht der Steinzeit dar. In dieser Schicht fand Verf. Scherben mit dem Schnurornament.

Solcher Stellen, welche eine mehrfache Waldgeneration erkennen lassen, giebt es nur wenige auf der kurischen Nehrung; auf der frischen Nehrung sind sie überhaupt nicht vorhanden. Es war zu ihrer Bildung nötig, dass das Wandern der Dünen nur langsam vor sich ging, und dass die Bedingungen für die rasche Bildung einer neuen Vegetation günstig waren, so dass die Wanderdünen nur eine kurze Strecke vorrücken konnten und bald darauf festgelegt wurden.



Abb. 89. Haus in Perwelk auf der kurischen Nehrung.
(Nach einer Aufnahme der Hofphotographen Gottheil & Sohn in Königsberg.)

Es ist ersichtlich, dass einzelne Teile der Dünen übersandeten und sich mit einer neuen Waldgeneration überzogen, während andere benachbarte Teile noch mit dem alten Walde bedeckt waren.

§ 9.

Ueberwehen der menschlichen Wohnstätten. Wie den Wäldern, so ergeht es den menschlichen Wohnstätten; denn diese liegen fast durchweg an der geschützten Luvseite der Düne, also da, wohin der Dünensand getrieben wird. Lange bevor der Fuss der Wanderdüne das Wohnhaus erreicht, hat sich ein Wall von Dünensand um das Gebäude gebildet. Denn das Gebäude hindert die Bewegung des mit Dünensand gesättigten Windes und veranlasst dadurch das Niederfallen des Sandes. Abb. 89 zeigt das letzte Haus des Fischerdorfes Perwelk, kurz vor dem Versetzen desselben. Das Leben in den Wohnräumen wird immer unerträglicher, durch Fenster und Thüren dringt der feine Sand; er liegt auf Betten, Stühlen und Tischen, fällt auch in die Speisen, welche auf dem Tische stehen. Das ungewöhnlich zähe Heimatsgefühl der Bewohner hält sie an der Scholle fest. Sie ertragen alle Unbequemlichkeiten. Endlich aber müssen sie doch der Naturgewalt weichen: sie brechen das Haus ab und errichten es neu an einer anderen Stelle in der Nachbarschaft. Zum gänzlichen Aufgeben und Verlassen des öden Dünengeländes entschliessen sie sich nie.

Eine Umfriedigung der Gebäude bietet gar keinen Schutz gegen den Dünensand. Als in dem Dorfe Preil auf der kurischen Nehrung vor mehreren Jahren ein neues Schulhaus errichtet worden war, versuchte man dasselbe gegen den von der Wanderdüne kommenden Sand dadurch zu schützen, dass man es mit einer Pflanzung von Weiden, Ellern und Birken umschloss. Die Bäume wuchsen. Sie hielten aber erst recht den Dünensand auf und gaben so Veranlassung, dass um das Schulgebände ein hoher Wall entstand, welcher in wenigen Jahren selbst das Dach überragte.

In der geschilderten Weise haben folgende Dörfer auf der kurischen Nehrung der Gewalt der Natur weichen müssen: Lattenwalde, Alt-Kunzen, Preden, Neu-Pillkoppen, Alt-Nidden, Karwaiten, Neu- und Alt-Negeln. Diese Dörfer werden gemeinhin als untergegangene Dörfer bezeichnet. Sie sind es nicht im strengen Sinne des Wortes. Die Wanderdüne hat wohl die Wohnstätten erreicht und überschüttet, aber die Bewohner hatten immer noch Zeit genug gehabt, ihre leicht aus Holz hergerichteten Gebäude abzubrechen und neu an anderer Stelle wieder aufzubauen.

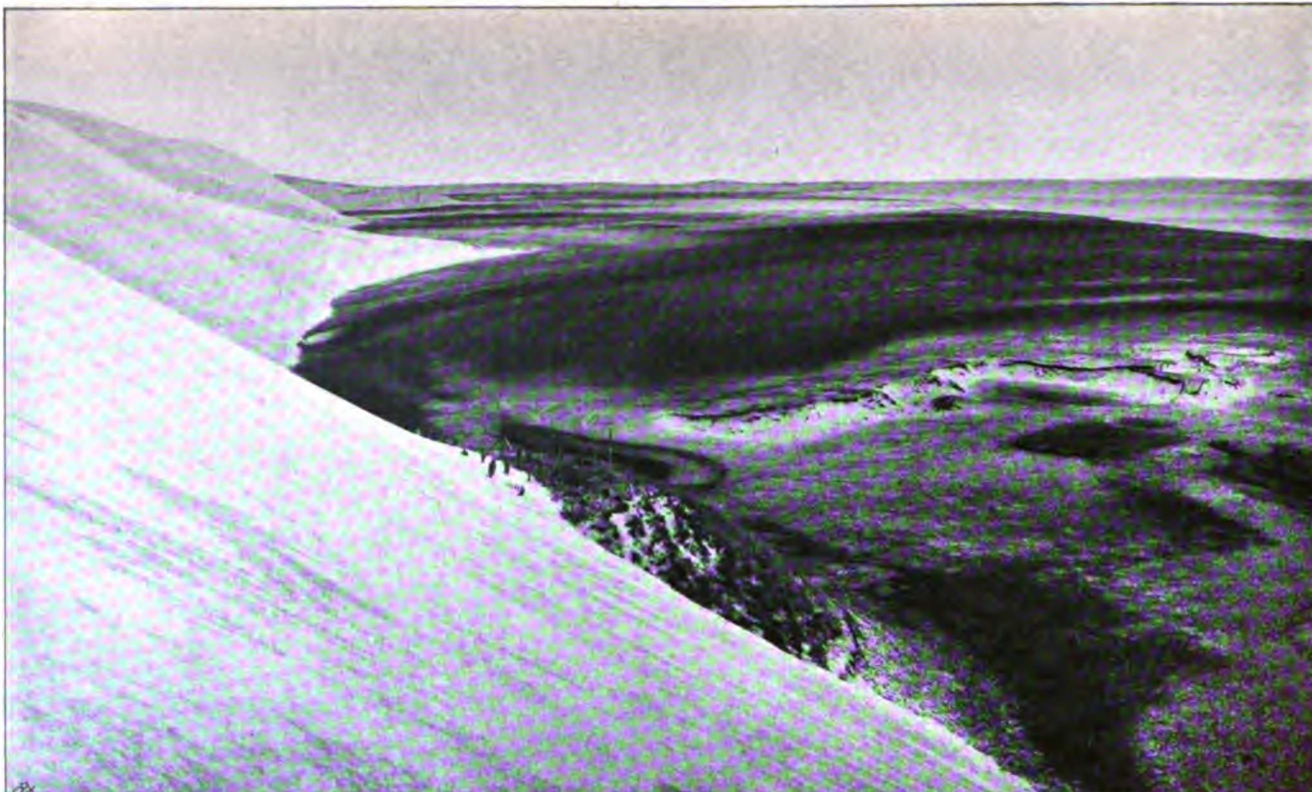


Abb. 90. Der alte Friedhof von Pillkoppen auf der kurischen Nehrung im Jahre 1899, von der Wanderdüne überschüttet.

Was bei dem Abbruch der Gebäude nicht beseitigt werden konnte, blieb an der alten Stelle, wurde vom Dünensande überschüttet und trat, wenn dem Wandern der Dünen nicht Einhalt geboten wurde, schliesslich nach Jahrhunderten an der Luvseite wieder hervor. Dies Schicksal hatten die Fundamente der massiven Gebäude und die Begräbnisstätten. Abb. 91 bis 93 erläutern dies nach Berendt für die Kirche von Alt-Kunzen. Die anfänglich hohe und steile Wanderdüne verflacht sich umsomehr, je weiter sie vorschreitet. Die Zeichnung stellt aber nur eine Skizze dar, Genaue Messungen liegen ihnen nicht zu Grunde. Auch hat Berendt die Zeiten nur schätzungsweise angenommen.*)

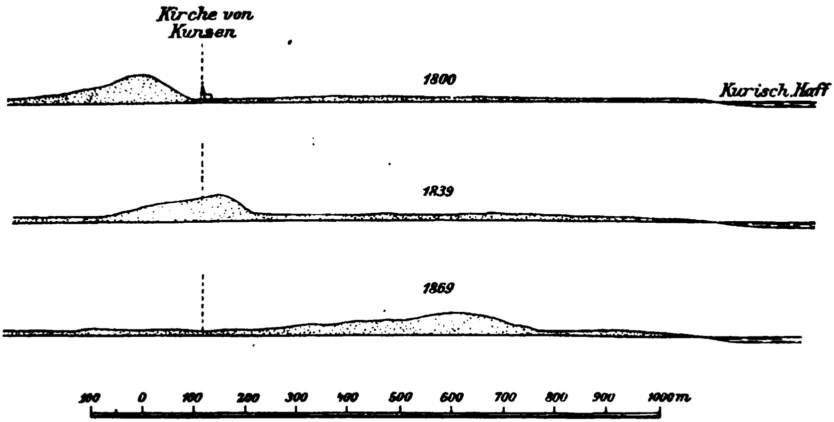


Abb. 91—93. Querschnitte durch die Wanderdüne bei Kunzen auf der kurischen Nehrung in den Jahren 1800, 1839 und 1869 nach Berendt.

Wie die Begräbnisstätten von den Wanderdünen angegriffen werden, zeigen die Aufnahmen des Verf. Abb. 90, 94 u. 95. Abb. 90 stellt den Friedhof von Pillkoppen im Mai 1899 kurz vor dem gänzlichen Verschütten durch die Wanderdüne dar. Rechts im Hintergrunde ist das kurische Haff. Zwischen demselben und der Sturzdüne liegt eine weite, spärlich mit Gras und Kräutern bestandene Fläche. Inmitten derselben ragte früher alleinstehend ein Dünenhügel empor, welcher befestigt und gut unterhalten wurde. Dieser Hügel wurde als Friedhof benutzt. Nach den Schilderungen von Jachmann und Schumann stand er noch vor 50 Jahren frei in der Ebene; die Wanderdüne war weit entfernt.

*) Im Auslande sind ähnliche Ueberschüttungen von Kirchen und anderen Gebäuden vorgekommen. So ist die Kirche von Soulac in der Gascogne nahezu vollständig vom Dünensande verschüttet worden. Sie wurde 1859 ausgegraben (Buffault S. 160).



Abb. 94. Friedhof bei Preil auf der kurischen Nehrung, durch Festlegung der Wanderdüne vor dem Versanden geschützt.

Jetzt ragen nur noch einige Denkmäler und Einfassungen von Gräbern aus dem Sande hervor. Nur wenige Monate — und von dem Friedhof ist nichts mehr zu entdecken.

Abb. 94 zeigt den Friedhof von Preil. Auch dieser war in der gleichen Gefahr. Die Wanderdüne wurde jedoch i. J. 1898 festgelegt und damit der Friedhof erhalten. Man sieht auf der Düne das Netzwerk der Befestigung. Der von den Nehrungsbewohnern wenig gepflegte und von Pflanzen ziemlich entblösste Friedhof ist durch Deckreisig gegen Auswehen des Sandes geschützt worden.

Abb. 95 zeigt den Kirchhof von Alt-Nidden im September 1898. Dies ist ein Friedhof, welcher an der Luvseite zu Tage tritt. Der Sand ist schon so tief ausgeweht, dass die Schädel, Knochen und Sargbretter aufgedeckt werden. Im Hintergrunde ragt auf dem bewaldeten Urbokalns der Leuchtturm von Nidden empor. Dem Fuss der Wanderdüne schliesst sich die mit Gras spärlich bewachsene Palwe an, und in weiterer Ferne folgt die gut entwickelte Erlenpflanzung derselben. (Vgl. auch § 11.)

§ 10.

Vorrücken der Dünen nach Krause, Hagen, Berendt, Keilhack u. A. Die Angaben über das Wandern der Dünen sind sehr verschieden. Dies ist erklärlich, da einige Nebenumstände von Bedeutung sind. Zunächst ist bei der Längenangabe für das Wandern die Luvseite von der Leeseite zu unterscheiden. Dieselbe Düne wandert an der Leeseite viel schneller vor als an der Luvseite. Ferner ist die Höhe der Düne von Bedeutung: eine hohe Düne, deren vorwärts rollende Sandkörner gleichzeitig eine grosse Steigung zu überwinden haben, kann nur langsamer vorwärts kommen als eine flache Düne. Endlich übt die Feuchtigkeit des Jahres und die Lage der Düne einen Einfluss aus. Eine Wanderdüne, welche hinter einer anderen oder einem schützenden Baumbestande liegt, rückt langsamer vor als eine andere, welche frei und offen allen Seewinden ausgesetzt ist.

Krause teilt über die Geschwindigkeit, mit welcher die Wanderdünen vorrücken, S. 13 die Beobachtung mit, dass in den Jahren 1804 bis 1827, also in 23 Jahren, eine Düne, welche gegen einen Kiefernhochwald vordrang, jährlich um mehr als eine Rute, d. i. 3,77 m, vorwärts kam. Nach seinen Erfahrungen stellt er den Satz auf, dass da, wo sich den vorschreitenden Dünen hohe und feste Gegenstände in den Weg stellen, sie jährlich um eine Rute (3,77 m), da aber, wo solche Gegenstände mangeln, sie jährlich um zwei Ruten (7,53 m) vorschreiten.



Abb. 95. Ausgewehter Kirchhof von Alt-Nidden im Jahre 1898.

Hagen (III 2, S. 107) hat in den Jahren 1829 bis 1832 beobachtet, dass eine Wanderdüne jährlich um 18 Ruten, d. i. 5,65 m gegen das Haff vordrang.

Nach Graf Baudissin (Bericht über die Dünen der Insel Sylt S. 15) will man auf Sylt in früheren Zeiten, bevor die Insel befestigt war, berechnet haben, dass die Düne jährlich 14 Fuss = 4,39 m von Westen nach Osten vorschreite. Er fügt hinzu: „Es ist ziemlich sicher, dass durch dieses Vorrücken der Dünen in den letzten 200 Jahren 7/18 der ganzen Insel verloren gegangen sind."

Dr. Maak berechnet das Vorrücken der Dünen bei Ording in Schleswig auf jährlich 17 Fuss, d. i. 5,34 m (s. Berendt, Geologie S. 87).

Besonders interessante und weitgehende Untersuchungen über das Wandern der Dünen hat Berendt angestellt. Seine Angaben gründen sich allerdings nicht unmittelbar auf Messungen, sondern nur auf einem Vergleich der Generalstabskarten. Er hat die Aufnahme der kurischen Nehrung von 1837/39 mit derjenigen von 1859/61 verglichen und übereinander aufgetragen. Abb. 96 zeigt zur Erläuterung des von ihm angewandten Verfahrens als Beispiel die Strecke von Rossitten bis Nidden. Auf den so gewonnenen Karten zog er demnächst nach der Richtung des herrschenden Windes und in Abständen von 1/2 Meile (3750 m) Linien quer über die Nehrung. In diesen Linien mass er die Entfernung zwischen den Fusspunkten der Dünen nach früherer und späterer Lage, d. h. die Wanderung des westlichen und östlichen Dünenfusses. Die Maasse waren für beide Seiten verschieden. Sie wurden von Berendt in einer Tabelle zusammengestellt. Verf. teilt S. 158 diese Tabelle mit, umgerechnet auf Metermaass und ergänzt durch einige erläuternde Zusätze.

Die Tabelle ergiebt, dass der Fuss der Wanderdüne an der Seeseite um 96,8 m, an der Haffseite um 173,6 m durchschnittlich vorgerückt ist. Das Vorschreiten der Haff- oder Leeseite übertrifft sonach das Vorrücken der Luv- oder Seeseite um 80%. Es ist dies eine Folge der Abflachung der Dünen. Das Vorrücken des Dünenkammes ergiebt das arithmetische Mittel aus beiden Messungen, nämlich 135,2 m.

Um das jährliche Vorrücken zu ermitteln, hat Berendt die Zahlen durch 24 geteilt, weil zwischen den Jahren 1837 und 1861 ein Zeitraum von 24 Jahren liegt. Er hat danach das jährliche Vorrücken an der Seeseite auf durchschnittlich 12,84 Fuss, an der Haffseite auf durchschnittlich 23,04 Fuss und des Kammes auf 17,94 Fuss angegeben. Diese Zahlen sind nicht richtig. Es muss die zwischen den Aufnahmen wirklich verflossene Zeit in Betracht gezogen werden. Diese Zeit beträgt von 1837/39 bis 1859/61 nur 22 Jahre. 24 Jahre ist die Zeitdauer zwischen dem Anfang der ersten und dem Ende der zweiten

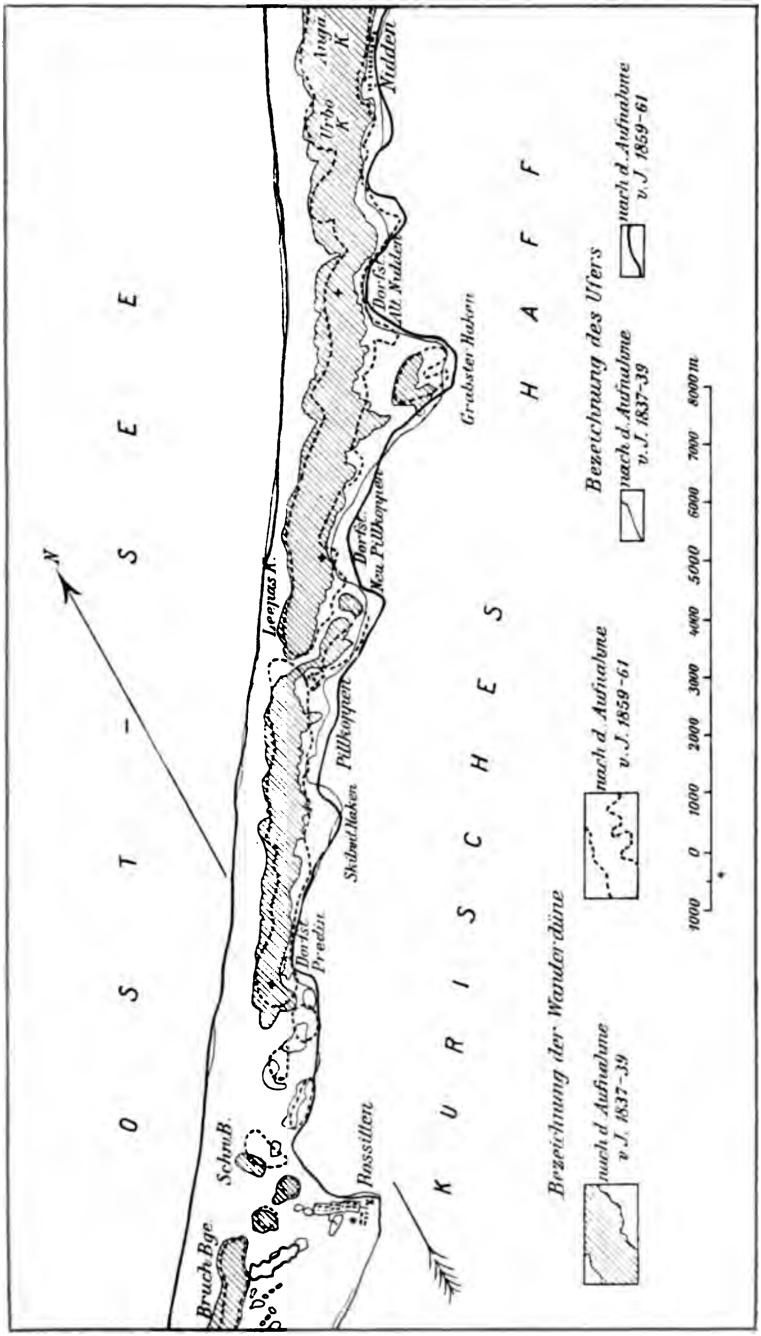


Abb. 96. Die kurische Nehrung von Rossitten bis Nidden in den Jahren 1837 bis 1861 nach Berendt.

Vorrücken der Wanderdünen der kurischen Nehrung nach Berendt.

No.	Angabe des Ortes	In den Jahren 1837/39 bis 1859/61		
		Seeseite m	Haffseite m	Dünenkamm m
1	Bei Sandkrug gegenüber Memel	264	203	234
2	Bei der Grossen Hirschwiese	113	75	94
3	Nördlich des Bärenkopfs (Bärenschlucht) . . .	94	188	141
4	$1^1/_2$ Meile südlich Sandkrug (Liebigsche Bucht) .	23	358	190
5	Nördlich des Schwarzorter Waldes (Ganzeralisberg)	147	75	111
6	Bei der Kirche von Schwarzort	—105	0	— 53
7	Bei der Dorfstelle Alt-Negeln	294	169	231
8	Nördlich der Libis-Bucht	158	282	220
9	Südlich der Dorfstelle Aigella (Negeln)	— 64	158	47
10	Zwischen Perwelk und Dorfstelle Carwaiten . .	154	56	105
11	Bei der Kl. Preilschen Bucht	— 56	203	73
12	Am Bullwikschen Berg	56	282	169
13	Am Urbo Kalnis bei Nidden	49	56	53
14	Am Grabster Haken	343	207	275
15	Am Caspalege-Berg bei Pillkoppen	94	169	132
16	Am Altdorfer Berg und Skilwit-Haken	56	207	132
17	Durch den Predin-Berg	19	282	151
18	Durch den schwarzen Berg bei Rossitten . . .	154	331	243
19	Durch den Neu-Kunzener Berg	105	188	147
20	Nördlich der Dorfstelle Stangenwalde (Lattenwalde)	19	23	21
21	Zwischen Alt- und Neu-Lattenwalde	53	94	73
22	Durch die weissen Berge (bei Sarkau)	158	207	183
	Im Durchschnitt:	96,8	173,6	135,2

Messung. Werden die vorermittelten Zahlen durch 22 statt durch 24 geteilt, so ergeben sie ein durchschnittliches Vorrücken der Wanderdünen der kurischen Nehrung

an der Luvseite (Seeseite) von 96,8 : 22 = 4,4 m
„ „ Leeseite (Haffseite) „ 173,6 : 22 = 7,89 „
und des Dünenkammes „ 135,2 : 22 = 6,15 „

Diese Zahlen sind eher zu klein als zu gross. Berendt hat bei dem Vergleich der beiden Aufnahmen mangels anderer Festpunkte die Seeküste als unveränderlich angenommen. Wenn aber die Küste selbst zurückweicht, wie nach dem Vorkommen von unterseeischen Wäldern und Meertorf an der kurischen Nehrung anzunehmen ist, so würden

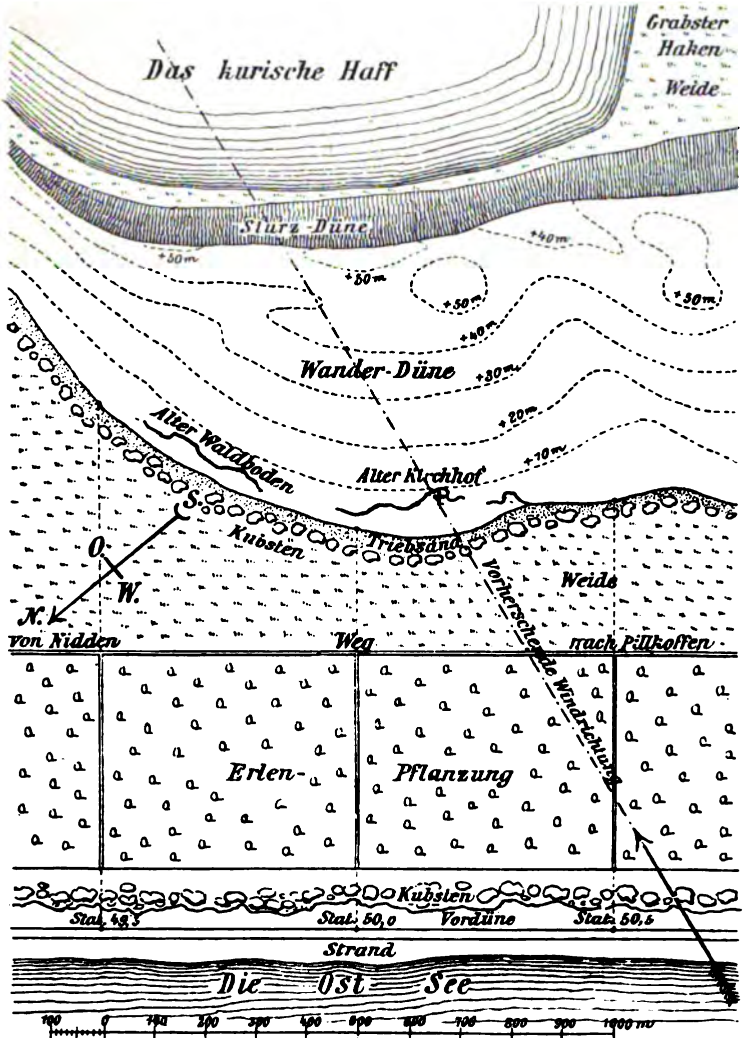


Abb. 97. Die kurische Nehrung am ausgewehten Kirchhof von Alt-Nidden.
Aufnahme vom Juli 1899.

jene Zahlen um dasjenige Maass vergrössert werden müssen, um welches die Küste in 22 Jahren zurückgegangen ist. (Vgl. I. Abschn. § 10.)

F. W. P. Lehmann*) ermittelte aus dem Alter von Kiefern, welche

*) Jahrbuch der Preuss. Geol. Landesanstalt 1884. S. 332.

hinter einer Wanderdüne in Hinterpommern sich von selbst angesäet hatten, dass diese 30 m hohe Düne jährlich um 9 m vorgeschritten war.

Dr. Keilhack berechnet in der Zeitschrift Prometheus (1893 S. 104), dass nach dem Vergleich zweier Generalstabsaufnahmen von 1839 und 1889 eine Düne am kleinen Dolgen-See in Hinterpommern um 460 m vorgerückt ist d. i. in einem Jahre um 9,2 m. An Messstangen und Messzeichen ermittelte er später*), dass eine 25 m hohe Wanderdüne nordwestlich des Salesker Bruchs durchschnittlich $10^1/_2$ bis $10^3/_4$ m jährlich vorwärts schritt, und dass eine andere benachbarte nur 4 bis 6 m hohe Düne jährlich 17 m wanderte. Beide Messungen waren an der Luvseite vorgenommen worden.**)

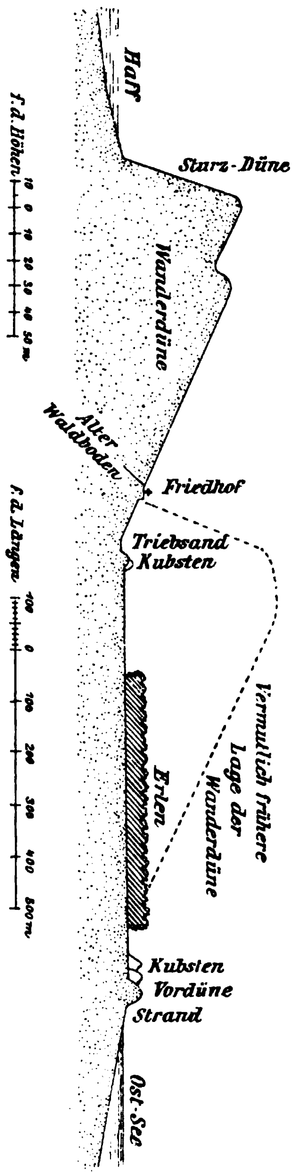


Abb. 98. Querschnitt durch die kurische Nehrung am Kirchhof von Alt-Nidden in der vorherrschenden Windrichtung (Juli 1899).

§ 11.

Das Vorrücken der Wanderdüne am Kirchhof von Alt-Nidden. Ein Maass über das Vorrücken der Wanderdünen an der Luvseite liefert der Kirchhof von Alt-Nidden. Abb. 95 giebt ein Schaubild, Abb. 97 den Lageplan nach der Aufnahme des Verfassers

*) Jahrbuch der Preuss. Geol. Landesanstalt für 1896. S. 198.

**) Das Wandern der Dünen in der Gascogne wurde von Brémontier auf 10 Toisen, d. i. 19,49 m, von Grandjean (Les Landes S. 31) auf 20 m jährlich angegeben. Delesse erklärt die Geschwindigkeit der ganzen Dünenkette nur 1 bis 2 m gross. In Dänemark fand Andersen bei der fast alljährlich bepflanzten Steenhoi-Düne in einem Zeitraum von 60 Jahren ein mittleres Vorschreiten von 7 Fuss, d. i. 2,2 m, jährlich (Berendt S. 87). Sokolow beobachtete an den Sestrorétzker Wanderdünen (Die Dünen, S. 105) ein Vorrücken von 4 bis 5 m in 3 Jahren, also durchschnittlich 1,5 m im Jahre. Das Vorrücken der Wanderdünen in der Banater Sandwüste soll nach Wessely (Der europäische Flugsand S. 61) durchschnittlich 7 Fuss, d. i. 2,2 m, betragen.

vom Juli 1899. Ein Querschnitt durch die Nehrung im Zuge der herrschenden Windrichtung an der Stelle des ausgewehten Friedhofes ist in Abb. 98 wiedergegeben. In demselben Querschnitt wurde in gestrichelten Linien diejenige Lage angedeutet, welche die Wanderdüne mutmasslich gehabt hatte zu der Zeit, als der Friedhof verschüttet wurde.

Historische Urkunden über die Zeit der Benutzung des Friedhofes, aus welchen entnommen werden könnte, wann ungefähr die

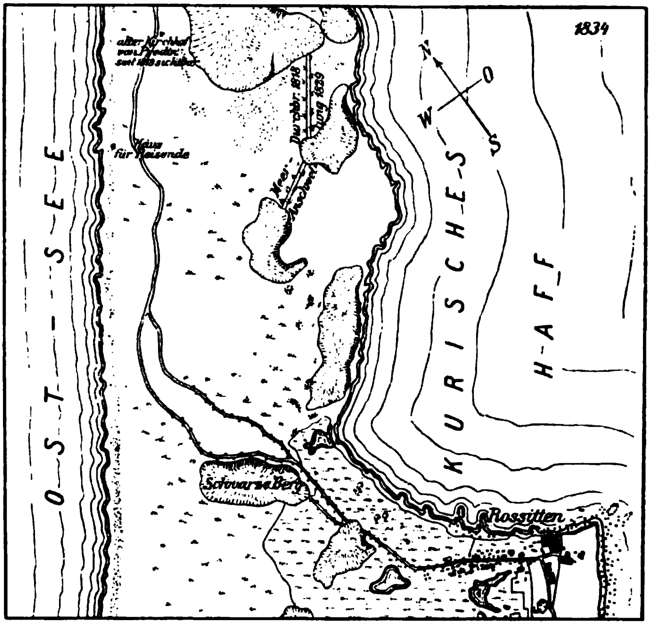


Abb. 99. Die fünf Berge bei Rossitten im Jahre 1834.

Ueberschüttung desselben stattfand, liegen leider nicht vor. Aber man hat zwischen den Gräbern im Dünensande alte Münzen gefunden, deren Jahreszahlen erkennbar waren. Die jüngste derselben trug die Jahreszahl 1695. Zu dieser Zeit muss der Friedhof noch in Benutzung oder wenigstens unverschüttet von den Wanderdünen gewesen sein.

In den 204 Jahren von 1695 bis zum Jahr der Aufnahme 1899 ist die 50 m hohe Wanderdüne an der Haffseite um ungefähr 650 m vorgeschritten. Das durchschnittliche Maass der Wanderung beträgt daher in einem Jahre leeseitig 3,19 m.

§ 12.

Die fünf Berge bei Rossitten. Ein anschauliches Bild über das Vorrücken der Wanderdünen und die Umformungen, welche sie dabei

erleiden, geben fünf nördlich bei Rossitten auf der kurischen Nehrung befindliche Einzeldünen. Im Süden dicht bei diesem Ort tritt der untere Diluvialmergel zu Tage. Nördlich desselben liegen hinter der Vordüne auf breiter Palwe folgende Berge: Der Walgum, der schwarze Berg, der lange Plick, der runde Berg und der Pewell.*) Die Vordüne wird gut unterhalten, die Palwe ist bepflanzt, die Bruchberge, eine grössere Wanderdüne im Westen, sind kultiviert; aber die

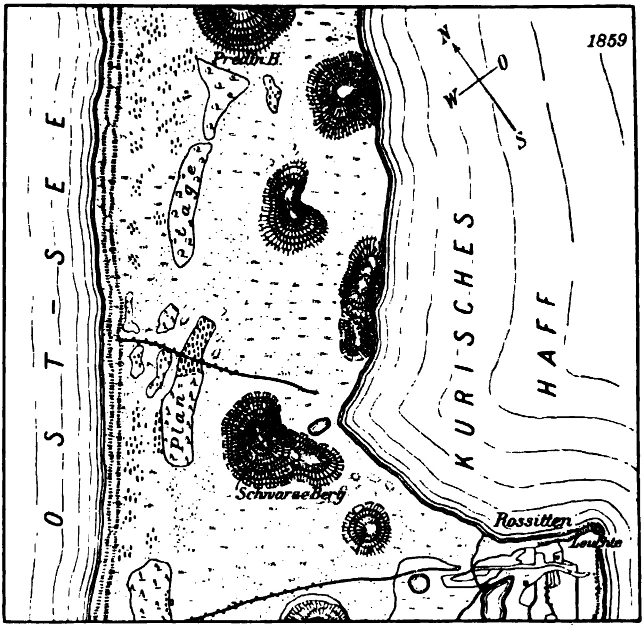


Abb. 100. Die fünf Berge bei Rossitten im Jahre 1859.

fünf Berge sowie die an den Predinberg sich anschliessende Dünenkette sind noch heute Wanderdünen und treiben sich verflachend dem Haff zu. Nur der Walgum wurde im Jahre 1893 als Sandgrasgarten angelegt und dadurch befestigt.

Die Berge können den Einflüssen der Winde aus allen Richtungen folgen. Allerdings sind die Winde aus westlicher Richtung dadurch

*) „walgums", ein lettisches Wort, bedeutet Anlege-Platz für Fischerkähne; „pliks" oder „plikes" bedeutet kahl oder Kahlkopf, „der lange Plick" heisst daher: der lange Kahlkopf. „Pewell" oder „Pawell" soll von pewéle d. i. kleine Wiese herkommen. Der Predinberg, nördlich vom Pewell und der versandete Ort Preden haben ihre Namen vom kurischen Wort preede = Fichte.

geschwächt worden, dass mit der Zeit die Ellern- und Kiefernpflanzungen eine recht erhebliche Höhe gewonnen haben. Auch tritt bei dem guten Zustande der Vordüne die Zuführung neuer Sandmengen nicht ein. Die Umformungen der Einzeldünen geschehen daher fast ausschliesslich mit ihrem eigenen Sandvorrat.

Die Abb. 99 und 100 zeigen die Aufnahmen des preussischen Generalstabes aus den Jahren 1834 und 1859. Abb. 101 zeigt eine im

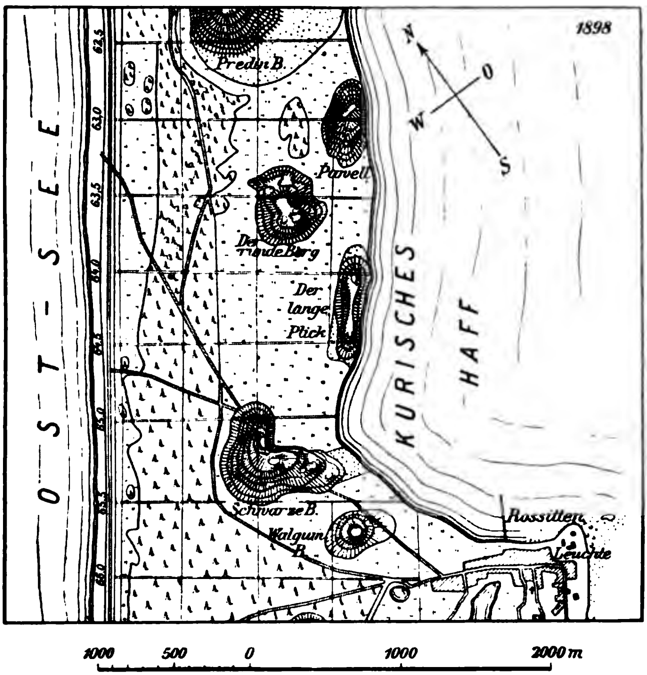


Abb. 101. Die fünf Berge bei Rossitten im Jahre 1898.

Jahre 1898 neu ausgeführte Vermessung und Abb. 77, S. 134 den Querschnitt durch den schwarzen Berg senkrecht zur Meeresküste i. J. 1898. Eine Ansicht der Berge vom Pewell aus, aufgenommen im Jahre 1898, giebt Abb. 102. Deutlich erkennbar ist hier der halbmondfömig daliegende schwarze Berg mit der Sturzdüne in der Mitte und den beiden vortretenden Flügeln. Rechts von ihm liegt der runde Berg, zur linken hart am Haff schon halb in dasselbe versunken der lange Plick. Darüber ist noch der Walgum erkennbar und über dem linken Flügel des schwarzen Berges die Kuppe der befestigten Bruchberge. Links im Hintergrunde tauchen wie auf einer Landzunge die Pappeln von Rossitten auf.

Die Abb. 99 bis 101 zeigen, welchen Veränderungen die Einzelberge in 64 Jahren unterworfen waren. Sie zeigen, wie in dieser Zeit der Walgum sich abrundete, der schwarze Berg mehr und mehr eine Sichelgestalt annahm, wie der lange Plick das Haff erreichte und es teilweise ausfüllte, wie dagegen die Hakenform des runden Berges durch Näherkommen und Ausgleich der Flügel mehr und mehr die Form eines Kugelabschnittes annahm, und endlich wie der hohe Pewell, je mehr er sich dem Haff näherte, um so mehr sich zu einer Sturzdüne ausbildete.

Besonders interessant sind die Umformungen des schwarzen und des runden Berges. Ersterer hat in den Jahren von 1834 bis 1898 durch Vorschieben der Flügel die Sichelgestalt angenommen und eine Sturzdüne zwischen den Haken ausgebildet; letzterer ist aus der Sichelform, welche er früher besass, in die Kugelform übergegangen. Die vorgeschobenen Flügel des runden Berges näherten sich mehr und mehr so sehr, dass die Sturzdüne sich abplattete und der Raum zwischen den Haken ausgefüllt wurde. Die früher von Berendt mitgeteilte Ansicht des runden Berges, welche in Abb. 43, S. 87 wiedergegeben worden ist, entspricht jetzt genau dem Bilde des schwarzen Berges, Abb. 80, S. 137; und man kann vermuten, dass nach Jahrzehnten der schwarze Berg diejenige Form zeigen wird, welche wir jetzt an dem runden Berge auf Abb. 101 und 102 sehen.

Bestimmte Zahlen für das Maass der Wanderung lassen sich aus der Karte nicht mit Sicherheit ableiten, weil es an Festpunkten mangelt. Durch Ueberdeckung der Karten unter Festhaltung der Dorflage von Rossitten und der allgemeinen Richtung des Ostseestrandes fand Verfasser, dass in der Zeit von 1834 bis 1898, also in 64 Jahren, der Walgum um durchschnittlich 310 m, der schwarze Berg um 280 m, der lange Plick um 350 m, der runde Berg um 320 m und der Pewell um 270 m vorgerückt sind. Im Durchschnitt ergiebt sich für alle fünf Berge ein Vorrücken von 306 m, d. i. durchschn. im Jahre 4,78 m.

Das schnellste Vorrücken zeigen die niedrigen Berge, besonders der lange Plick, während die hohen Berge, nämlich der schwarze Berg und der Pewell oder Pawell, nur langsam vorrücken. Um das Maass des Vorrückens in Zukunft genauer zu bestimmen oder bestimmen zu können, ist 1898 der luvseitige Fuss der Wanderdünen hier wie am Kirchhof von Alt-Nidden durch eingegrabene starke Pfähle mit eingebrannter Jahreszahl gezeichnet worden.

§ 13.

Die Wanderdüne bei Grenzhaus. Das zuverlässigste Urteil über das Vorrücken der Wanderdünen kann auf der frischen Nehrung an

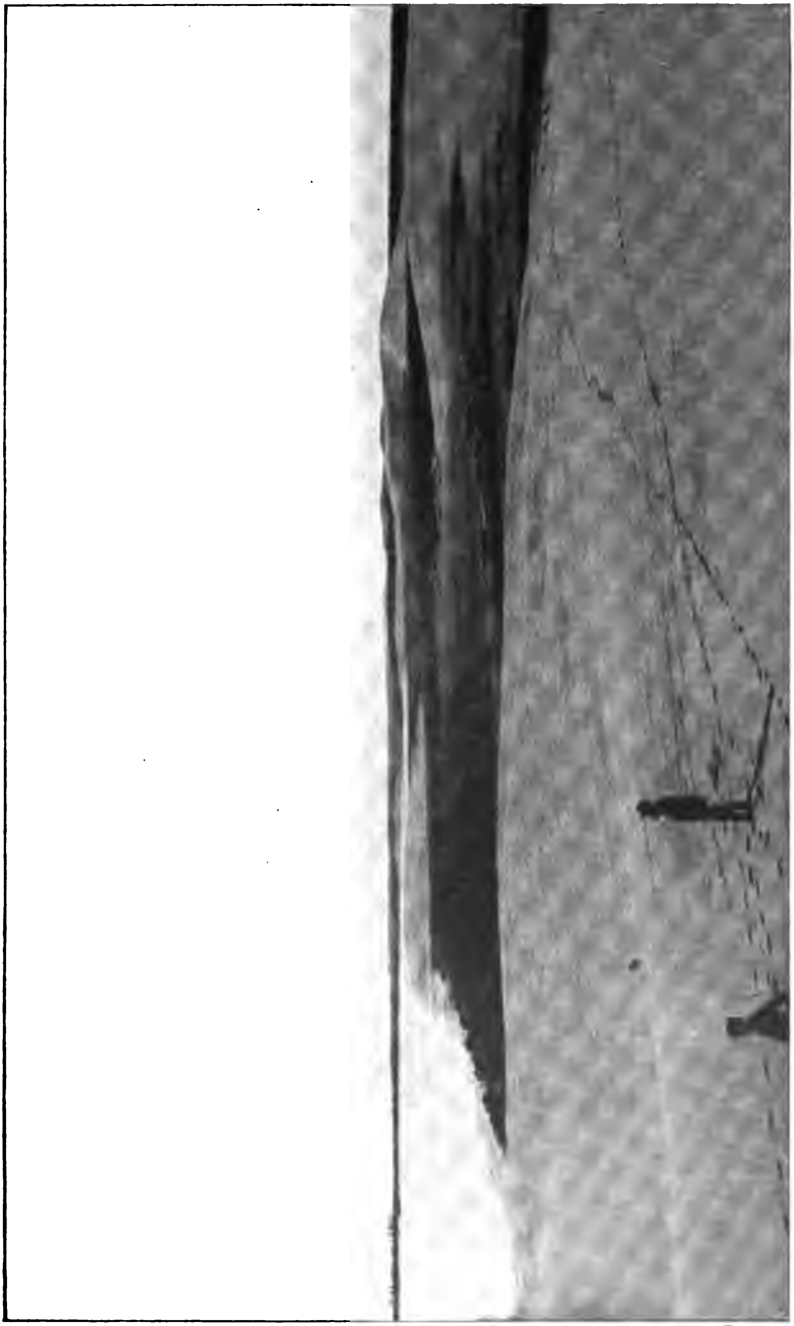


Abb. 102. Rossiten und die fünf Berge von Pewell aus.

der west- und ostpreussischen Grenze gewonnen werden. Hier befindet sich ein Fischerhaus „Grenzhaus" genannt, welches ursprünglich als Wohnhaus für Bernsteingräber diente. In den Abb. 103 und 105 ist das Grenzhaus rechts im Hinter- bezw. Vordergrunde zu erkennen.

Der luvseitige Fuss der vor Grenzhaus liegenden Wanderdüne wurde 1887 durch mehrere Pfähle bezeichnet. Diese Pfähle stehen noch heut. Sie sind in der Aufnahme des Verfassers vom Jahre 1898 Abb. 104 verzeichnet. Von hier aus kann das Maass des Vorrückens der Wanderdüne an der Luvseite unmittelbar gemessen werden. Abb. 106 stellt einen Querschnitt durch die Nehrung senkrecht gegen die Strandrichtung nach der gestrichelten Linie in Abb. 104 dar.

Die Vermessungen von 1898 haben ergeben, dass in der Richtung des herrschenden Windes die jetzt ungefähr 30 m hohe Düne in 11 Jahren vorgechritten ist um 64, 43, 52, 71 und 51 m oder durchschnittlich um 56 m. Das mittlere Vorrücken der Wanderdüne in einem Jahre betrug daher luvseitig 5,1 m.

Dies Messungsergebnis wird durch das Zurückweichen der Düne an der Grenzlinie zwischen Ost- und Westpreussen bestätigt. Auf westpreussischer Seite liegt nämlich in ungefähr 1 km Entfernung das Dorf Narmeln. Hier hat die Nehrung nur 753 m Breite. Wie im IV. Abschn. § 15 näher ausgeführt werden wird, war dies Dorf vor Jahren der Gefahr der Versandung in hohem Maasse ausgesetzt gewesen, denn die das Dorf umgebenden Dünen waren damals noch Wanderdünen. Es wurde daher im Dezember 1833 mit der Befestigung der das Dorf zunächst bedrohenden Dünen begonnen, und die Befestigungen in den folgenden Jahren fortgesetzt (vergl. den Lageplan im IV. Abschn. § 15). Die Befestigungen geschahen zwar nur mit Sandgras, aber sie genügten dem Zweck. Die Wanderdüne kam zum Stillstand, Narmeln war geschützt. Wenig nördlich von Narmeln hörte man im Jahre 1835 mit der Sandgraspflanzung einstweilen auf. Erst später, im Jahre 1860, wurde die Befestigung der Wanderdüne bis an die ostpreussische Grenze fortgeführt.

Hier wurden damals die Arbeiten in der quer über die Nehrung gezogenen Grenzlinie abgeschlossen. Dem Wandern der Dünen war damit auf westpreussischem Gebiet ein Ziel gesetzt, nicht aber auf ostpreussischer Seite. Diesseits wanderten die Dünen fort, und sie wandern noch heut. Eine Einsattelung, welche ungefähr 500 m nördlich der Grenze schon in früheren Zeiten vorhanden war, bildete sich nunmehr zu einem vollständigen Tief aus. Das Tief ist in dem Lageplan Abb. 104 und in der Ansicht Abb. 105 zu erkennen. Der in das Haff gewehte Dünensand des Tiefs bildete einen immer weiter vordringenden

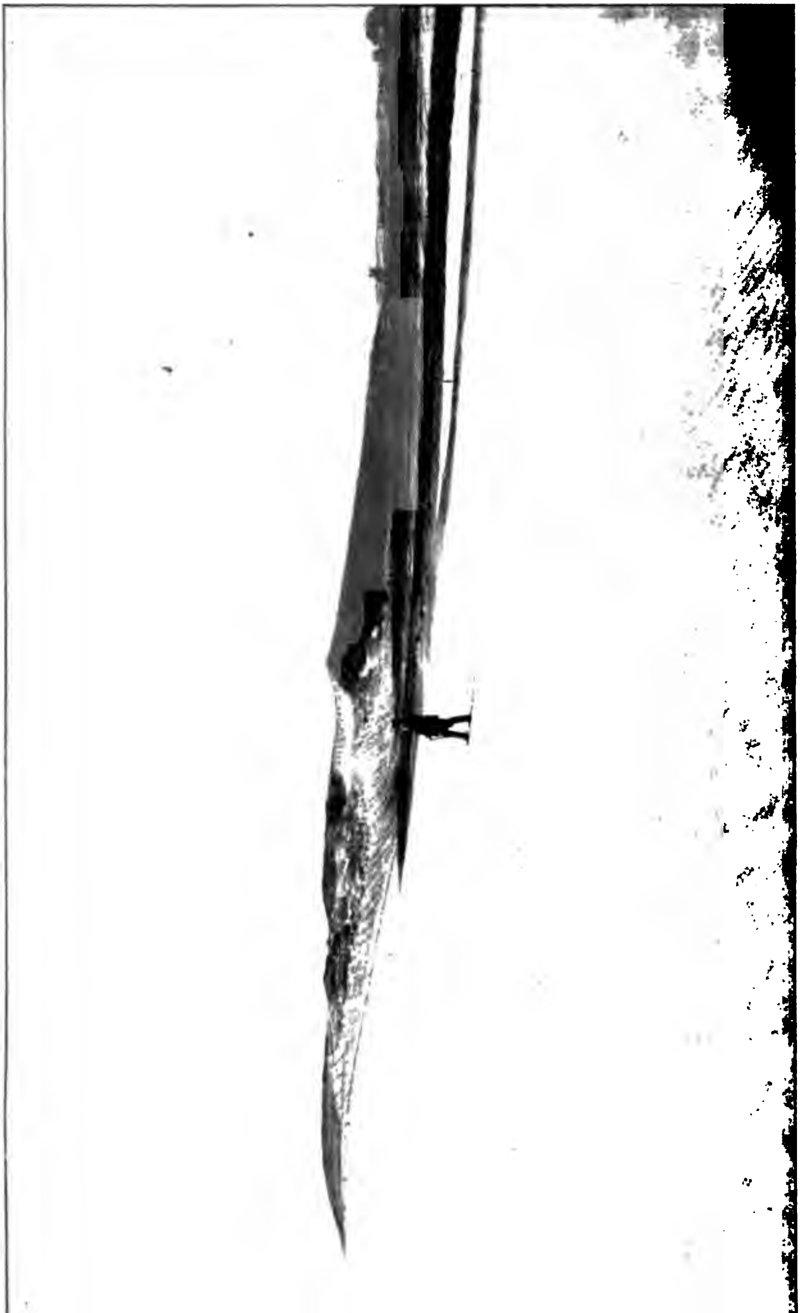


Abb. 103. Befestigte und unbefestigte Wanderdünen bei Grenzhaus an der west- u. ostpreussischen Grenze. Blick von der Haffseite.

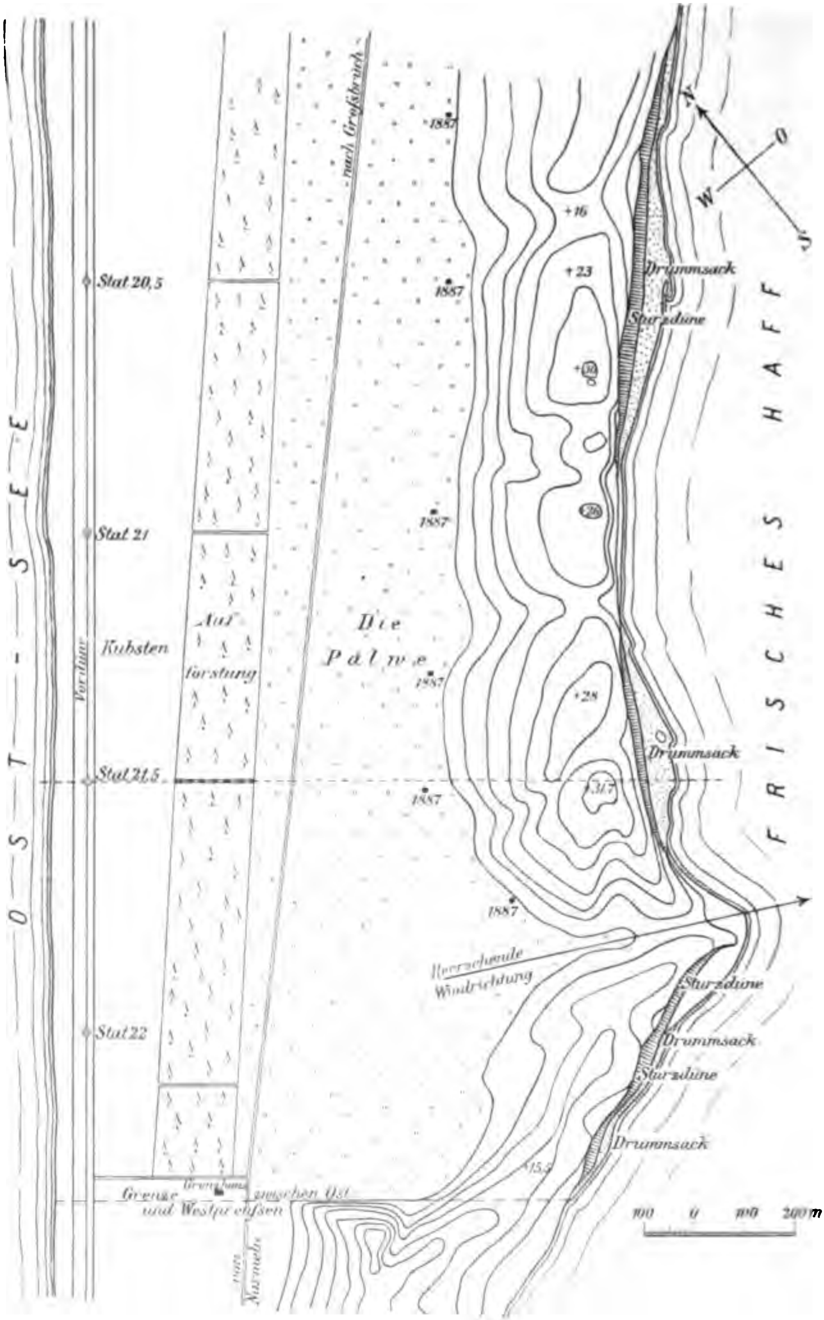


Abb. 104. Die frische Nehrung bei Grenzhaus im Jahre 1898.



Abb. 105. Befestigte und unbefestigte Wanderdünen bei Grenzhaus an der west- und ostpreussischen Grenze. Blick von der Seeseite.

Haken. Das Schaubild von Narmeln im IV. Abschn. § 15 zeigt diesen Haken in der Ferne.

Besonders auffällig ist aber das Vortreiben der ostpreussischen Düne längs der zurückbleibenden westpreussischen. Der Lageplan und die Ansichtsbilder zeigen deutlich den Gegensatz beider Dünen. Der seeseitige Fuss der Wanderdüne auf ostpreussischer Seite war 1898 vor der westpreussischen um 130 bis 250 m in der Richtung des

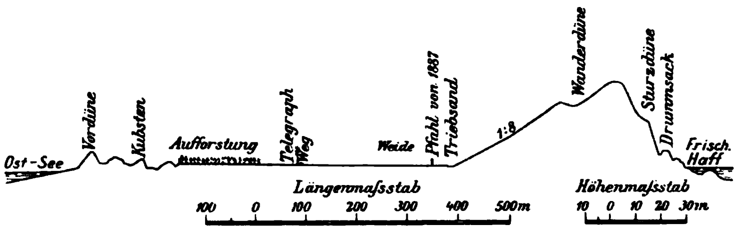


Abb. 106. Querschnitt durch die frische Nehrung bei Stat. 21,5 nahe Grenzhaus.

herrschenden Windes vorgerückt, unmittelbar neben der nahe der Grenze vorhandenen Einsattelung sogar um 370 m. Durchschnittlich betrug das Vorrücken der Wanderdüne ohne Rücksicht auf die Einsattelung 190 m, d. i. bei 38jähriger Dauer in einem Jahre durchschnittlich 5 m.

Das Abwehen und Vorrücken der Wanderdüne wird auf ostpreussischer Seite keineswegs als Nachteil empfunden. Es wird im Gegenteil als ein Vorteil angesehen: Hierdurch ist eine vortreffliche breite, tief liegende und darum feuchte und fruchtbare Ebene gewonnen worden, welche als Weideplatz für ihr Vieh sogar von den Bewohnern von Narmeln gesucht und geschätzt wird.

Dritter Abschnitt.

Dünenflora.

A. Einleitung.

§ 1.

Die wichtigsten Werke über die Dünenflora. Die Vegetationsverhältnisse der Dünen an den deutschen Küsten sind schon seit längerer Zeit Gegenstand botanischer Forschung gewesen. Am eingehendsten ist jedoch die Pflanzenwelt der ost- und nordfriesischen Inseln und ihrer Dünenbildungen seit einer Reihe von Jahren, insbesondere durch Nöldecke, Buchenau und Focke, sowie durch Knuth u. a., untersucht worden. Die Ergebnisse wurden vorzugsweise in den Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, sowie in den Spezialwerken Buchenau, Flora der ostfriesischen Inseln, 1891, und Knuth, Flora der nordfriesischen Inseln, 1895, veröffentlicht. In beiden genannten Werken finden sich genaue Litteraturangaben über die auf die Inseln bezüglichen Arbeiten aus dem floristischen Gebiet, worauf an dieser Stelle verwiesen sein mag. Die Dünenflora des Ostseestrandes ist weniger eingehend untersucht worden. Es giebt nur wenige Werke, in denen sie berücksichtigt worden ist. So giebt G. C. A. Krause in seinem Werke: Der Dünenbau an den Ostseeküsten Westpreussens, Berlin 1850, im 3. Kapitel § 40 eine Uebersicht über die dortige Dünenflora und zählt nur die Pflanzennamen nach dem Linné'schen System auf. Die Ergebnisse seiner Beobachtungen am pommerschen Strande um Swinemünde legte Ratzeburg in einer Arbeit, betitelt: Die Vegetation der Küste, in ihren ursächlichen Momenten geprüft, mit der des Binnenlandes verglichen in den Verhandlungen des botanischen Vereins für die Provinz Brandenburg, Berlin 1859, S. 53 ff., nieder. Sodann hat Marsson in seiner musterhaft geschriebenen Flora von Neu-Vorpommern, Leipzig 1869, die Dünenflora jenes Gebietes mitberücksichtigt, obgleich ihr

kein besonderes Kapitel gewidmet ist. Auch H. Schäfer giebt in seiner Dissertation: „Zur Kenntnis der Vegetationsverhältnisse von Neu-Vorpommern und Rügen", Kiel 1872, S. 33, einen kurzen Ueberblick über die dortige Dünen-Vegetation. C. Brick berücksichtigt in seinen Beiträgen zur Biologie und vergleichenden Anatomie der baltischen Strandpflanzen in den Schriften der naturforschenden Gesellschaft in Danzig, N. F., VII. Band Danzig 1888, nur die Halophyten Honckenya peploides, Cakile maritima, Salsola Kali, Salicornia herbacea, Aster Tripolium und Glaux maritima. Gelegentlich verschiedener Ausflüge und Wanderungen über die Nehrungen und einzelne Teile derselben wurden zu verschiedenen Zeiten wiederholt auch die Dünen, die bekanntlich auf der kurischen Nehrung am grossartigsten entwickelt sind, teilweise berücksichtigt. Es fehlt aber bis jetzt noch eine gründliche und zusammenfassende Schilderung der Vegetationsverhältnisse der Nehrungen und ihrer Dünen. Eine derartige Arbeit kann nur die Frucht eingehender mehrjähriger Forschung sein, die ich mir einstweilen vorbehalten muss; anderseits gestattet es der Raum nicht, eine ausführliche Darlegung aller einschlägigen floristischen Verhältnisse zu bringen. Nicht unerwähnt mag es bleiben, dass die Vegetationsverhältnisse der dänischen Küste, insbesondere der Dünenflora am jütländischen Strande, von Eugen Warming in seiner bemerkenswerten Arbeit, „De psammophile Formationer i Danmark" in Videnskabelige Meddelelser fra den naturhistoriske Forening i Kjøbenhavn 1891, Kopenhagen 1892, S. 155 ff. meisterhaft geschildert worden sind.

§ 2.

Charakter der Dünen-Vegetation. Ein derartig lockerer Sandboden, wie ihn die Dünen besitzen, ist natürlich nicht ohne Einfluss auf die Vegetation, sowohl in chemischer als auch physikalischer Hinsicht. Die Sandkörner sind verschieden gross und auch hinsichtlich ihres Ursprungs verschieden, jedoch herrschen die unlöslichen Quarzsandkörner vor und bilden seewärts, mit Bruchstücken von Muschelschalen gemischt, die Hauptmasse des Sandes, dem sich aber noch andere Bestandteile beimischen können. Je weiter vom Strande, desto weniger enthält der Sand Partikelchen von Muschelschalen und ist dann um so gleichmässiger und steriler. Jede Woge wälzt neue Sandpartikel an den Strand und wirft sie aus. Der darüber streichende Wind und die Sonne trocknen sie, und ersterer führt sie meist senkrecht zum Verlauf der Küste fort, wo sie alsbald hinter irgend einem Gegenstande, sei es eine Muschelschale, ein Holzstück oder eine Pflanze, niederfallen, ähnlich wie die Schneeflocken bei Schneeverwehungen. Allmählich findet an solchen Stellen eine Anhäufung des Sandes statt,

und es entstehen zunächst niedrige Dünen, die aber schliesslich immer höher und höher aufgetürmt werden, und falls die losen Sandkörner nicht durch geeignete Gräser festgehalten werden, entsteht die gefürchtete Wanderdüne. Der lockere Sand lässt Regenwasser schnell durchsickern, und seine obersten Schichten erwärmen sich besonders an den nach Süd bezw. Südwest abfallenden Hängen sehr schnell und intensiv. In den Monaten Juli und August kann die Wärme an derartigen Dünenhängen eine sehr beträchtliche sein, während der feuchte Untergrund kühl ist. Giltay*) hat auf einer Düne bei Katwijk aan Zee bei Leyden darauf bezügliche Beobachtungen angestellt und gefunden, dass am 9. Juli 1884 der Südabhang der Düne eine Bodentemperatur von 81° C. und eine relative Feuchtigkeit nahe am Boden von 15% zeigte; das Thermometer des Hygrometers indizierte 34° C. (in der Luft). An einem anderen Tage betrug die Bodentemperatur des Südhanges 56° C. und am Nordhange 30° C. Der Südhang der Düne besass mithin gerade die von Humboldt in den Tropen häufig konstatierte Temperatur des Bodens. Jedenfalls zeigen die südlich geneigten Abhänge der Dünen im Hochsommer auch an der deutschen Küste eine ähnliche Bodentemperatur, denn das an der Nordsee belegene Katwijk aan Zee befindet sich etwa unter 52° 13′ nördl. Breite. — Da die trockenen Sandkörner sehr leicht ihre Wärme an die Luft abgeben, so kühlt sich auch die Düne bei hereinbrechender Dunkelheit rasch ab, und die Feuchtigkeit der Luft schlägt sich als Thau nieder. Es findet also binnen 24 Stunden ein starker Temperaturwechsel statt. Dementsprechend können auf den Dünen nur solche Pflanzen gedeihen, die gegen grosse Temperaturwechsel unempfindlich und besonders gegen zu grosse Wasserverluste infolge von Transpiration genügend geschützt sind. Auf den Dünen walten ähnliche, ja nahezu gleiche Temperaturverhältnisse ob, wie sie in den Wüsten und Steppen vorkommen, und die Vegetation der Dünen muss ein entsprechendes Gepräge tragen. Trefflich hat bereits Buchenau auf diesen Umstand mit den Worten hingewiesen: „Es ist gewiss von nicht geringem Interesse, aber in der Wissenschaft bis jetzt noch garnicht beachtet, dass die geringen Anklänge an das Steppenklima, welche unsere Dünenlandschaften zeigen (tiefer feuchter Untergrund bei starker trockener Hitze auf der Erdoberfläche — und wie ist die Wirkung dieser Hitze durch die kurze Dauer unserer Sommer und durch die kühlfeuchten Nächte der Küstenlandschaften abgeschwächt!), dass diese geringen Anklänge sich sofort in der Organisation zahlreicher Pflanzen abspiegeln.“

---

*) Anatomische Eigentümlichkeiten in Beziehung auf klimatische Umstände (Nederlandsch kruidkundig Archief II. Ser. 4. Deel 4. Stuck. Nijmejen 1886. S. 413).

B. Biologische und anatomische Verhältnisse der Dünenpflanzen.

§ 3.

Die Dünenpflanzen gleichen den Wüsten- oder Steppenpflanzen. Die psammophilen Arten oder Sandpflanzen der Dünen zeigen vielfach die Struktur der Xerophyten oder Wüsten- bezw. Steppenpflanzen, die zeitweise eine grosse Dürre ertragen können. Diesen Bau zeigen übrigens auch die auf dem Sandstrande vorkommenden Salzpflanzen oder Halophyten. Die Struktur der Pflanzenorgane lässt deutlich eine Anpassung an den Standort erkennen, insbesondere durch Ausbildung von Schutzmitteln gegen zu starke Verdunstung. Bei mehreren Dünenpflanzen kann man daher eine Reduktion der Blattflächen, besonders bezüglich der Breite wahrnehmen. Die Blätter sind meist schmäler, kleiner und gewöhnlich auch dicker als bei nahe verwandten Arten oder Exemplaren des Binnenlandes. Schmale und dicke, etwas fleischige Blätter besitzt z. B. Linaria odora der Ostseedünen; auch der gemeine Frauenflachs, L. vulgaris, zeigt in der Dünenform schmälere, dickere und deutlich blau bereifte Blätter, ferner Hieracium umbellatum b. linarifolium, meist auch Viola tricolor, b. maritima Schweigg., Thymus Serpyllum b. angustifolium, Tragopogon floccosus Waldst. et Kit. der kurischen Nehrung. Dicke, fleischige Blätter, die gewöhnlich durch ein stärkeres Oberhäutchen (Cuticula) geschützt sind, finden wir ausser bei Sedum acre und S. boloniense, besonders bei den Halophyten des Sandstrandes und der Vordünen: Salicornia herbacea, Ammadenia (Honckenya) peploides, Chenopodina maritima, Cakile maritima, Convolvulus Soldanella der ost- und westfriesischen Inseln, Corispermum intermedium der Nehrungsdünen und Salsola Kali. Auch andere Pflanzen, welche nach dem salzhaltigen Strande verpflanzt werden, können fleischige Blätter zuweilen entwickeln, wie z. B. der Bocksdorn Lycium halimifolium. Das in diesen Pflanzen aufgespeicherte Salz, das sie aus dem Sandstrande entnommen haben, zieht Wasser an und bewirkt eine Turgeszenz der Zellen des Rindenparenchyms. Das letztere Gewebe ist bei den Salzpflanzen besonders stark entwickelt, worauf bereits Brick hinwies. Die dicken Blätter besitzen beiderseits Pallisadenparenchym, das auch in den Stengeln, z. B. bei Salsola Kali, vielfach auftritt. Das in ihnen auftretende Chlorophyll ist meist frei von Stärke, die sich erst in der Stärkescheide findet. Ihre Spaltöffnungen liegen mit der Oberhaut in gleicher Ebene, und die Schliesszellen sind nach Stahls Untersuchungen unbeweglich. Hierin dürfte vielleicht die Ursache für die xerophile Struktur der Halophyten zu suchen sein.

Andere Dünenpflanzen, bei denen eine Reduktion der Blattflächen nicht wahrzunehmen ist, wie z. B. beim Helm oder Strandhafer Ammophila arenaria Lk. (Psamma arenaria R. et S.), Festuca rubra b. arenaria und Agropyrum junceum, rollen jedoch die Blattränder mehr oder weniger stark nach oben ein, wodurch einer zu grossen Verdunstung vorgebeugt wird. Nur zwischen den Nerven der Blattoberseite befinden sich bei diesen Strandgräsern Spaltöffnungen, die hier

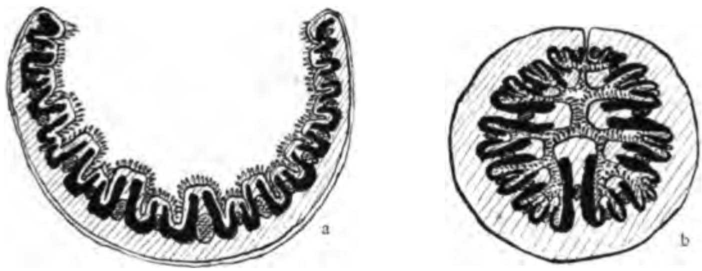


Abb. 107. Ammophila arenaria Lk.
a. Querschnitt durch ein geöffnetes Blatt; b. Querschnit durch das geschlossene Blatt. Mechanisches Gewebe (Sklerenchym) schraffiert; chlorophyllhaltiges Gewebe schwarz. Gefässbündel chagriniert. (Schematisch).

obendrein noch von kurzen, borstigen Haaren verdeckt werden. Die Einrollung der Blätter ist bei Ammophila arenaria am vollkommensten wahrzunehmen (Abb. 107b), weniger vollständig ist sie bei A. baltica wie bei Festuca rubra b. arenaria und Agropyrum junceum. Nur bei regnerischem oder trübem Wetter sind auch die Blätter der Ammophila arenaria rinnenförmig geöffnet, wie bei a in Abb. 107. Die Unterseite der Blätter enthält bastartige Sklerenchymzellen, die hauptsächlich die Festigkeit derselben bedingen und nebst der Cuticula einen vorzüglichen Schutz gegen die vom Winde meist heftig entgegengeschleuderten Sandkörner gewähren. Aehnlich ist auch der Bau des Blattes von Agropyrum junceum, Abb. 108. Nur sind die Nerven meist weniger zahlreich, und das chlorophyllhaltige Gewebe ist etwas mächtiger entwickelt. Auch der Blattbau von Festuca rubra b. arenaria lässt eine ähnliche Struktur erkennen, sodass eine makroskopische Unterscheidung sogar schwer fällt.

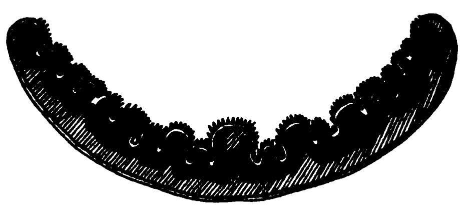


Abb. 108. Agropyrum junceum. Querschnitt durch ein offenes Blatt. (Schematisch). Vergleiche die Erklärung in Abb. 107.

Die Blätter der vielfach auf Dünen wachsenden Weiden, wie Salix daphnoides, S. repens, S. purpurea und S. Caprea, besitzen eine fast lederartige Konsistenz und zeigen, mit Ausnahme der meist weiss seidenartig behaarten S. repens, stark fettigglänzende Blattoberseiten mit dicker Cuticula. Bei S. purpurea sind die Blattoberseiten meist matter und zuweilen wie die Unterseiten bläulich bereift. Die blaue oder Stranddistel, Eryngium maritimum, führt auf ihren steifen, dornig-gezähnten Blättern eine deutliche Wachsschicht, die sie vor der Verdunstung schützen. Bei dieser Umbellifere findet sich nach Giltay zwischen Epidermis und der Pallisadenschicht noch eine Lage saftführender Zellen, die z. B. bei dem auf Dünen nicht vorkommenden verwandten E. campestre fehlt. Die Spaltöffnungen sind hier wie bei vielen Xerophyten in die Oberhaut tiefer eingesenkt, wodurch die Trans-



Abb. 109. Elymus arenarius. Querschnitt durch das Blatt. Chlorophyllhaltiges Gewebe schwarz. Sklerenchym schraffiert. (Schematisch).

spiration herabgesetzt wird. Die Strandgerste (Elymus arenarius) hat breite, oberseits von einer Wachsausscheidung graugrün gefärbte, meist flach ausgebreitete Blätter. Nur bei sehr starker Besonnung biegen sich die Ränder, besonders an den Blattspitzen, aufwärts, und eine vollständige Einrollung erfolgt erst nach dem Abschneiden der Blätter in trockener oder feuchter Luft sehr rasch.

Auf den mit flachen breiten Nerven versehenen Blattoberseiten sind unbedeutende Härchen zu bemerken. Das Chlorophyllgewebe des Blattes ist zwischen den Gefässbündeln und dem mechanischen Gewebe meist in Form eines Y angeordnet und hat vor den anderen Gewebspartien den Vorrang. (Abb. 109).

Aehnlich wie bei den erwähnten Pflanzen schützt auch bei der Dünenerbse, Lathyrus maritimus, beim wohlriechenden Frauenflachs, Linaria odora Chav. (L. Loeselii), sowie bei der Dünenform des gemeinen Frauenflachses, L. vulgaris b. dunensis, bei Koeleria glauca, Weingaertneria canescens und Dianthus arenarius eine Wachsschicht vor zu starkem Wasserverlust. Die Blätter der buschigen grauen Weingaertneria canescens sind wie diejenigen von Nardus stricta fast stets eng zusammengerollt und verbergen in den Längsfalten der Oberseite die Spaltöffnungen. Zu den eine Verdunstung verzögernden Strukturen gehört u. a. auch die Verengerung der Zellzwischenräume

(Intercellularräume), wie sie bei den Dünenpflanzen, die einen xerophilen Bau besitzen, beobachtet worden ist. Auch die Dornbildung, wie sie bei Hippophaës rhamnoides, dem Stranddorn, bei Salsola Kali, Eryngium maritimum (an den Blättern) und in schwächerem Grade auch bei den obersten Blättern von Corispermum intermedium angetroffen werden kann, bedeutet eine Verkleinerung der transpirierenden Oberfläche und wird als eine xerophile Bildung betrachtet.

Noch andere Dünenpflanzen erhalten durch Entwickelung zahlreicher luftführender Haare einen wirksamen Schutz gegen zu starken Wasserverlust durch Verdunstung. Dahin gehören u. a. Artemisia campestris b. sericea, Anthyllis Vulneraria b. maritima, Astragalus arenarius, Helichrysum arenarium, Salix repens b. argentea und wohl auch Festuca rubra b. arenaria Petasites tomentosus besitzt nur an jungen Blättern beiderseits weissen Filz, der sich auf der Blattoberseite später verliert. Bei starker Besonnung richtet diese Pflanze die Blattfläche derartig aufwärts, dass die Sonnenstrahlen nur die dicht weissfilzige Blattunterseite treffen. Auch luftführende, dicht stehende Schuppen, wie sie auf den Blättern und Zweigen des Stranddorns, Hippophaës rhamnoides vorkommen, gewähren Schutz vor zu starker Verdunstung.

§ 4.

Einfluss der Seewinde. Wahrscheinlich infolge der im Sommer stark erwärmten Oberfläche der Dünen entwickeln mehrere krautartige Pflanzen starke grundständige Aeste, die sich meist reichlich verzweigen und nach allen Richtungen hin auf dem Sandboden aufliegen oder nahe über demselben hinstreichen Besonders beim Meersenf, Cakile maritima, sowie bei Jasione montana b. litoralis, Astragalus arenarius, Linaria odora und Lathyrus maritimus, in schwächerem Grade auch bei Tragopogon floccosus, hier aber nicht immer, ist eine derartige Zweigbildung zu finden. Auch die halbstrauchigen Artemisia campestris und Thymus Serpyllum b. angustifolius neigen dazu, desgleichen Salsola Kali und Hieracium umbellatum b. dunale. Aus dem eben erwähnten Grunde und wohl auch infolge der heftigen kalten Seewinde zur Winterszeit bildet auch die gemeine Kiefer, Pinus silvestris, am Boden weithinschweifende Aeste, die sich nur 30—50 cm vom Grunde erheben, während der Stamm selbst nur eine geringe Höhe erreicht und eine sehr dürftige Krone entwickelt.

Bereits 1885 beobachtete Dr. Graebner*) eine derartige Kiefer am westpreussischen Strande im Kreise Putzig. Solche Kiefern, und zwar mit über 2 m langen grundständigen, zapfentragenden Aesten

*) Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, N. F., Bd. I 1895, S. 334.

wurden von mir auf bewaldeten Dünen bei „Klein-Thüringen" auf der kurischen Nehrung östlich von Cranz angetroffen. Dass die Seewinde besonders auf Laubhölzer einen schädlichen Einfluss ausüben, ist längst bekannt. Die Baumstämme werden von der Wucht des Windes landeinwärts geneigt und zeigen vielfach nur landwärts gerichtete Zweige. Unfern der oben erwähnten Stelle befindet sich nahe der Vordüne ein älterer Birkenstamm, Betula verrucosa, dessen Gipfel längst von Stürmen abgebrochen ist und an dem nur einige landwärts gerichtete Zweige zu bemerken sind. Da der Stamm infolge von Borkenbildung und reichlichem Flechtenbesatz dunkel erscheint, so macht derselbe, aus einiger Entfernung betrachtet, den Eindruck einer verkrüppelten, durch Seewinde beschädigten Kiefer. Nur die meist niedrig bleibende Hakenkiefer, Pinus montana b. uncinata Rchb. widersteht standhaft den Seewinden und der ausdorrenden Hitze des Hochsommers. Durch ihre bereits tief am Stamm hervortreibenden und am Boden hinstreichenden, dann schwach aufwärts gerichteten Aeste schützt sie den unter ihrer Krone befindlichen Sand vor dem Fortwehen durch den Wind, und ihre dunkelgrünen glänzenden Nadeln besitzen eine dickere Cuticula sowie eine dickere Epidermis als die der gemeinen Kiefer, wodurch sie vor Verdunstung und Beschädigung durch herangeschleuderte Sandkörner genügend bewahrt wird. Sie wird auf den Nehrungen allgemein auch auf den hohen Dünen kultiviert und gedeiht an verschiedenen Stellen ganz vorzüglich. Ihre Astbildung erreicht zuweilen riesige Dimensionen (vergl. Bezzenberger, die kurische Nehrung und ihre Bewohner, 1889, S. 239, wo Pinus montana oder inops steht, aber letztere Kiefer wurde wohl nie angepflanzt und ist von P. montana sehr verschieden. Danach kommt in der Niddener Plantage ein Exemplar dieses Baumes vor, dessen Krone 31 Schritt Umfang bei nur 5′ Höhe besitzt.)

§ 5.

Lebensdauer, Ausläufer- und Wurzelbildung einiger Dünenpflanzen. Der xerophile Charakter prägt sich auch in der Lebensdauer vieler Dünenpflanzen aus. Es giebt eine Anzahl von einjährigen oder hapaxanthischen bezw. monokarpischen Spezies, die der Dünenflora angehören. Dieselben streuen bereits im Sommer ihre Samen aus und keimen im Herbst. Sie bilden meist niedrige Rosetten und überdauern in diesem Zustande den Winter, entwickeln sich dann aber schnell im Frühlinge. Da die Wärme an den Dünenhängen schnell zunimmt, blühen sie im Frühlinge schon frühzeitig und beenden ihre Fruchtbildung noch vor dem Eintritt der ausdorrenden Hitze des Hochsommers und gehen dann zu Grunde. Zu dieser Gruppe von Dünen-

pflanzen gehören Valerianella olitoria, Arabis arenosa, Senecio vernalis (kurische und frische Nehrung), Trifolium arvense, Cerastium semidecandrum, Stenophragma Thalianum (nordfriesische Inseln), Draba verna, Myosotis hispida b. dunensis, Aera praecox, Senecio vulgaris, Bromus mollis, fast allgemein, und Cerastium tetrandrum, Phleum arenarium und Teesdalea nudicaulis auf den ost- und westfriesischen Inseln. Auch Salsola Kali und Corispermum intermedium gehören hierher, obgleich sie, was ihre Wurzeln anbetrifft, den Uebergang zur später zu erwähnenden Gruppe bilden. Die Wurzeln der ersterwähnten einjährigen Gewächse streichen flach in der obersten Sandschicht der Dünen hin, ohne zu der feuchteren, gar nicht tief darunter gelegenen Schicht zu gelangen. Von hapaxanthischen Gewächsen entwickelt tiefgehende Wurzeln insbesondere der Meersenf, Cakile maritima, der an seinen rötlichen Kreuzblüten und an den spiessförmigen geschnäbelten Schoten leicht zu erkennen ist. Die Wurzeln können selbst bei noch jugendlichen Pflanzen nach Bricks Beobachtungen bis nahezu 1 m lang werden. Jedenfalls ist aber ihre Länge noch viel beträchtlicher, nur ist das Ausgraben derartiger Exemplare mit grossen Schwierigkeiten verknüpft und in den Dünen kaum ausführbar wegen der allseitig nachstürzenden Sandmassen; auch können die unteren fadendünnen Wurzelteile leicht verletzt werden. Mehrere hapaxanthische Arten sind durch reichliche Wurzelbildung vor zu starker Ausdörrung geschützt, wie z. B. Matricaria inodora b. maritima, Erigeron acer, E. canadensis, der jedoch auf den Dünen seltener vorkommt, ferner Cynoglossum officinale, Senecio vernalis, S. vulgaris, S. silvaticus, auch Jasione montana und Verbascum Thapsus, die jedoch zweijährig sind.

Die ausdauernden Gewächse der Dünen besitzen meist weithin kriechende, Ausläufer treibende Wurzelstöcke oder tiefgehende und sich ausbreitende Wurzeln, die nicht selten durch Adventivknospenbildung für die Verbreitung der Art Sorge tragen. Das Wachstum der Rhizome im lockeren Dünensande wird weit weniger gehindert als in irgend einer anderen Bodenart.

Mit den stechend zugespitzten Endknospen der Rhizome und Ausläufer durchziehen die Dünengräser den Sandboden, denselben gleichzeitig durch ihre Wurzeln festigend. Hierher gehört in erster Reihe die Strandgerste (Elymus arenarius), die durch ihre reichliche Ausläuferbildung bekannt ist, ferner der Strandhafer oder Helm, Ammophila arenaria. Die Rhizome der letzteren Pflanze durchziehen meist grosse Dünenerhebungen, jedoch bilden sie nur unregelmässig und ganz nach Bedarf rechtwinklig vom Erdstamm abgehende Ausläufer, die nach Buchenaus Untersuchungen nicht selten über 5 m Länge erreichen können. Die Ausläufer sind hauptsächlich an den Durchbruchstellen

der Dünen (Abb. 110 und 111) zu beobachten, wo grössere Teile der sonst vom Sande begrabenen Stengel des Strandhafers freigelegt werden. Unterhalb der steil aufwärts gerichteten Laubtriebe sind keine Ausläufer vorhanden, und dieses mag vielleicht mit der Grund sein, warum Ratzeburg der Ammophila arenaria die Ausläuferbildung überhaupt absprach. Jeder aufmerksame Beobachter wird jedoch an durchbrochenen Stellen der Dünen nach Ausläufern des Strandhafers nicht



Abb. 110. Ausgewehter Berg von der kurischen Nehrung.
(Nach einer Aufnahme von R. Minzloff in Tilsit.)

lange vergeblich zu suchen haben. So wurden von mir sowohl auf der frischen als auch auf der kurischen Nehrung Exemplare mit über 1 m langen und noch längeren Ausläufern beobachtet. Sie entwickeln sich hauptsächlich an solchen Stellen, wo der alte Ausläufer aufwärts strebt und sich belauben will. Zur Unterscheidung dieser Organe von anderen Achsenteilen mag hervorgehoben werden, dass die Spitze des Ausläufers meist stechend und 1—2 cm lang ist; die Internodien sind meist 8 cm lang, seltener länger und tragen meist doppelt so lange, sehr bald verdorrende Niederblätter mit stechender Spitze (ohne Blattspreite). Gelangt ein Ausläufer an die Oberfläche, so entwickelt er Laubblätter und ist dann von anderen laubtragenden Stengeln nicht

zu unterscheiden. Näheres findet sich in Buchenaus Arbeit über die Vegetationsverhältnisse des „Helms" und der verwandten Dünengräser in den Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, X 1889, S. 397.

Auch sehr tiefgehende Neben- oder Beiwurzeln besitzt dieses Dünengras. Dieselben können mehrere Meter lang werden und eignen sich wie die Sprossen und Stengel zur Festlegung des Dünensandes. Reichlichere Ausläuferbildung zeigt auch der Dünenweizen, Agropyrum



Abb. 111. Ausgewehte Sandgräser von der Vordüne der kurischen Nehrung. (Aufnahme von Gerhardt.)

junceum, bei dem jedoch die Ausläufer geringere Dimensionen erreichen (Abb. 112). Aus den Achseln von Niederblättern des älteren Ausläufers hervorsprossend, richten sie sich bald auf, und es kommt nicht selten vor, dass sie mit der Spitze sich wieder in den Sand bohren unter sanfter Biegung des Sprosses, wobei sich die in der Achsel der Niederblätter befindlichen Knospen zu Laubsprossen entwickeln. Die Ausläufer besitzen eine dünne Epidermis und sind bei ihrer geringen Dicke sehr brüchig. Der Wuchs des Dünenweizens ist nicht so dicht wie bei den vorigen Gräsern. Er bildet keine geschlossenen Bestände, wohl aber kleinere Gruppen mit niedriger Sandanhäufung, die winzigen Dünen nicht unähnlich sehen. Festuca rubra b. arenaria schliesst sich

in der Ausläuferbildung an Agropyrum junceum am nächsten an. Hierher gehört ferner Calamagrostis epigea und ihr Bastard mit Ammophila arenaria, der unter der Bezeichnung A. baltica bekannt ist. Beide Gräser bilden in den Achseln der untersten Niederblätter des Laub-



Abb. 112. Agropyrum junceum. Rhizom mit Ausläufern und Laubsprossen. (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

stengels kürzere Ausläufer, die besonders bei erstgenannter Art mit Blütenstengeln abwechseln. Ammophila baltica hält als Bastard nicht genau die Mitte zwischen den Eltern, sondern neigt mehr zu A. arenaria in den meisten Fällen, doch ist ihr Laub weit weniger zusammengerollt und viel grüner. Sie ist am Ostseestrande gewöhnlich in Gesellschaft der A. arenaria auf den Vordünen anzutreffen, seltener landeinwärts, wo Calamagrostis epigea vorzuherrschen pflegt. Auf die Bastardnatur der Ammophila baltica hat Röper*) zuerst aufmerksam gemacht, und

*) Zur Flora Mecklenburgs 1844. II, S. 192.

seitdem hat diese Annahme niemand bestritten. Marsson und später auch Buchenau haben weitere Nachweise über die Hybridität dieses Dünengrases gebracht. — Weithin kriechende Wurzelstöcke entwickelt in hervorragendem Masse die Sandsegge oder das Sand-Riedgras, Carex arenaria, weshalb es mit dem Sandhafer schon seit jeher zur Festlegung des Flugsandes Verwendung gefunden hat. Die meist nahe unter der Oberfläche fortkriechenden Rhizome sind etwa 3--4 mm stark und bilden eine Scheinachse oder ein sichelartiges Sympodium (Abb. 113), das eine Sprosskette und nicht einen einfachen unbegrenzten Spross vorstellt, worauf zuerst Ascherson*) und Celakovský**) hingewiesen haben. Insbesondere sind die Darlegungen des letzteren Forschers sehr eingehend. Meist bilden je 4 Stengelglieder mit 4 Niederblättern und extraaxillärer Endknospe ein Sympodium, dessen Spitze mit dem untersten, vierten Gliede des nächstfolgenden jüngeren Sympodiums innig verschmolzen ist. Der extraaxilläre Seitenspross entwickelt sich schneller als der Mutterspross und überholt diesen in der Folge sehr bald. Wegen des regelmässigen Aufbaues der Scheinachsen bemerkt man später die zu Laub- bezw. Blütensprossen herangewachsenen Spitzen der Sympodien in regelmässigen Abständen. Unterhalb der Spitze des obersten Internodiums entsendet die Sandsegge ein bis zwei längere kräftige Beiwurzeln oder Nebenwurzeln (W), die die Scheinachse am Boden befestigen und ihr auch aus grösserer Tiefe Wasser zuführen können. Ausserdem befinden sich auf der Bauchseite des Rhizoms noch feine Faserwurzeln (w), die am Ende der Sympodialglieder hevortreten und den Wurzelstock im Boden befestigen. — Zu der Kategorie der ausläufertreibenden Pflanzen gehört auch Phragmites communis, das Schilf, das jedoch auf Dünen meist nur sporadisch vorkommt und mehr an den Ufern der Gewässer vegetiert, wo es in dichten, das Ufer umsäumenden Beständen anzutreffen ist. Ferner gehören hierher: Petasites tomentosus mit seinen 5—10 mm dicken weit-

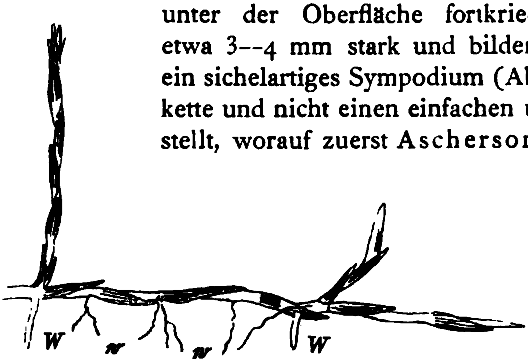


Abb. 113. Carex arenaria. Spitze eines Wurzelstocks mit zwei extraaxillären Sprossen. (Schematisch nach Warming.)

*) Flora der Provinz Brandenburg. Berlin 1864 S. 763.

**) Sitzungsberichte der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag. 1881. Prag 1882 S. 238 ff.

kriechenden Wurzelstöcken, Epilobium angustifolium, das in ostpreussischen Dünen nicht so häufig und charakteristisch für die Vegetation ist als z. B. auf der Insel Langeoog. Längere Ausläufer entwickeln aus den Rhizomen auch noch Galium verum, G. Mollugo und der Bastard dieser beiden genannten Arten G. Mollugo × verum (G. ochroleucum Wolf). — Den Arten mit unterirdisch fortwachsenden Wurzelstöcken und Ausläufern muss auch noch die Dünenerbse, Lathyrus maritimus Bigelow (Pisum maritimum L.), zugezählt werden. Ausläuferartige Sprosse sind bei ihr nicht selten. Bereits anfangs April kann man in Ostpreussen die jungen Sprossen mit ihren abwärts gebogenen roten Spitzen und zusammengefalteten Blättchen aus dem Sande hervortreiben sehen. Schon in den ersten Tagen des Juni entfaltet diese schöne Dünenpflanze ihre rosigen Blüten.



Abb. 114. Juncus balticus. Schräg aufsteigendes Rhizom. (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Oberirdische Ausläufer bezw. Schösslinge entwickelt Rubus caesius, der jedoch nicht ausschliesslich und auch nicht überall auf Dünen auftritt; hier besonders in der Abänderung fr. agrestis Waldst. et Kit., die derbere Blätter besitzt und starke Beleuchtung erträgt. Bemerkenswert ist die einachsige Form b. praecurrens Friedrichs und Gelert, deren diesjährigen Sprosse meist kurz bleiben und Blüten tragen. Zu den Arten mit oberirdisch herumschweifenden Schösslingen gehören auch Katzenpfötchen (Antennaria dioeca) Habichtskraut (Hieracium Pilosella) und Agrostis alba b. stolonifera. Auf bereits festgelegten Dünen findet man auch Luzula campestris mit ihren kurzbogigen Ausläufern, die an der Spitze anwurzeln.

Schräg aufsteigende Rhizome besitzen mehrere Dünenpflanzen, insbesondere der Spargel (Asparagus officinalis) und Epipactis rubiginosa, die beide auf den Dünen der Nehrungen, letztere sogar häufig, vorkommen, ferner Hieracium umbellatum mit seinen Formen b. coronopifolium, c. linarifolium und besonders d. dunale G. F. W. Meyer,

sowie die an feuchten Stellen nur in Dünenthälern vorkommende baltische Binse, Juncus balticus (Abb. 114), bei der jedoch auch wagerechte Wurzelstöcke mit orgelpfeifenartig aufstrebenden Stengeln vielfach angetroffen werden können.

In dichten, strahlenartig ausgebreiteten, graugrünen Büscheln stehen die Halme und Blätter der Weingaertneria canescens, deren Scheiden eine blassrosa Färbung zeigen.

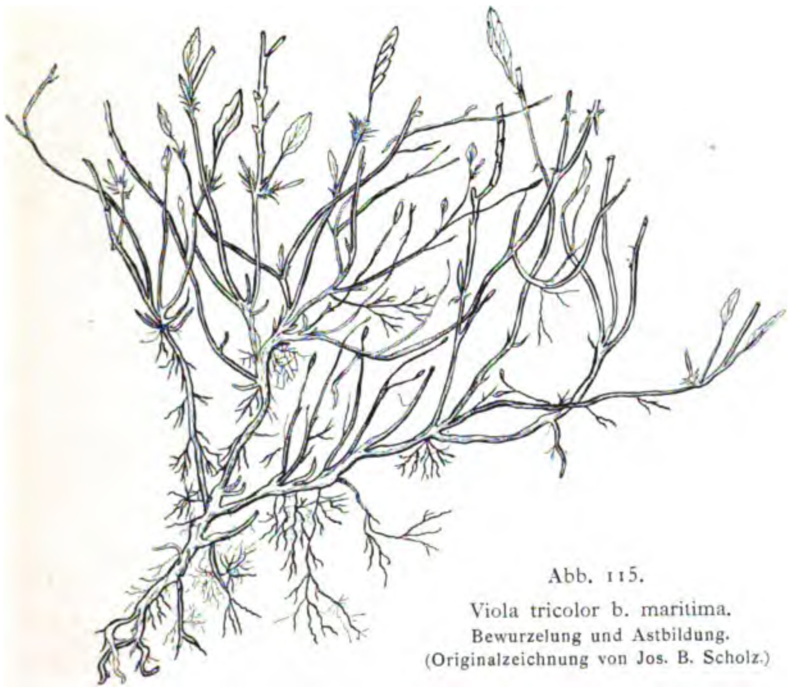


Abb. 115.
Viola tricolor b. maritima.
Bewurzelung und Astbildung.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Die Wachstumsverhältnisse dieses Sandgrases sind von Warming a. a. O. unter Beigabe von Abbildungen zutreffend geschildert worden. Danach entwickelt Weingaertneria in senkrechter Richtung Wurzelstöcke, die sich später wiederum verzweigen.

Noch andere Dünenpflanzen besitzen tief in den Sand hineingehende Hauptwurzeln, wie z. B. Cakile maritima, der Meersenf. Brick beobachtete a. a. O. bei einer noch jugendlichen Pflanze eine Hauptwurzel von nahezu 1 m Länge, und es ist höchst wahrscheinlich, dass der Meersenf noch viel längere Wurzeln besitzt, doch ist der Nachweis sehr schwierig zu führen, da durch tiefes Graben in den Dünen die feine Wurzel leicht zerrissen oder von nachstürzenden losen Sandmassen

beschädigt oder verdeckt werden kann. Tief den Dünensand durchdringende Wurzeln mit Adventivknospenbildung und reicher Verzweigung besitzen u. a. Viola tricolor b. maritima Schweigg. (syrtica Floerke) (Abb. 115), die ausdauernd ist, der Dünenwundklee, Anthyllis

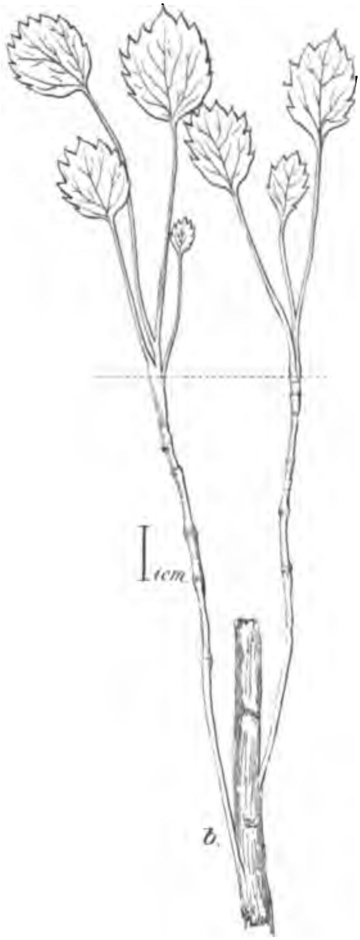


Abb. 116. Eryngium maritimum.
Mit zwei übersandeten Seitensprossen, die aus einem alten Stengel hervortreiben. (Originalzeichnung von Scholz u. Abromeit)



Abb. 117. Eryngium maritimum.
Junger Spross durch einen älteren Stengelteil durchwachsend. Sandoberfläche punktiert. (Originalzeichnung d. Verf.)

Vulneraria b. maritima Schweigg., Artemisia campestris mit teilweise holzigen aufsteigenden Aesten; Astragalus arenarius, Lotus corniculatus, Armeria vulgaris, Ononis repens, Plantago lanceolata, Silene Otites, Campanula rotundifolia, Linaria vulgaris, L. odora, Salix repens und

S. daphnoides, von denen an Durchbruchstellen der Dünen auf der kurischen Nehrung bis 4 m lange Wurzeln beobachtet werden können. Auch die Stranddistel oder Seemannstreu, Eryngium maritimum, gehört zu dieser Kategorie von Pflanzen. Die lange, übrigens leicht brüchige Wurzel vermag wohl keine Adventivknospen zu bilden, die sich vielmehr nach dem Abbrechen des Stengels aus dessen unterirdischen versandeten Teilen entwickeln können. Uebrigens sind die Stengel älterer Pflanzen sehr spröde und leicht zerbrechlich. Die durch den Sand hervortreibenden Seitensprosse sehen jungen Stranddisteln



Abb. 118. Eryngium maritimum. Kleiner Bestand.

nicht unähnlich. Sobald man jedoch vorsichtig nachgräbt, findet man sehr bald noch den Zusammenhang mit der Mutterpflanze. Bereits Warming machte a. a. O. auf diesen Umstand aufmerksam, und es gelang auch mir, dieselbe Beobachtung zu machen. In Abb. 116 sind zwei junge, durch den Sandboden (der durch eine punktierte Horizontale bezeichnet ist) hervortreibende Sprosse (schematisch) abgebildet. In einem Falle war anscheinend der junge Seitenspross aus dem noch lebenden, tiefer gelegenen Teile des Stengels durch das obere, bereits verrottete Stück desselben hindurchgewachsen, so dass der junge Spross noch vom alten Rindengewebe locker eingeschlossen wurde (Abb. 117).

Die gänzliche Ausrottung dieser Dünenzierde dürfte wegen der langen, Seitenknospen bildenden, versandeten Stengel wohl schwer fallen, aber durch maassloses Sammeln seitens der Strandbesucher kann sie stark reduziert und in ihrer Fruchtbildung verhindert werden, wodurch

selbstverständlich ihre weitere Verbreitung beschränkt wird. Es liegt jedoch im Interesse des Dünenschutzes, die „Stranddistel“ vor Verminderung zu bewahren, da sie teils durch ihre tiefgehenden Wurzeln, teils durch ihre sperrige, nahe über dem Sandboden erfolgende Verästelung, sowie durch ihr Auftreten in kleineren Beständen (Abb. 118) geeignet ist, den Flugsand zu beruhigen. Zu ihrer völligen Entwickelung bis zur Blütenbildung bedarf die Stranddistel, Eryngium maritimum, gewiss mehrerer Jahre. Ihre Früchte reifen auf der kurischen Nehrung Ende August und im September, doch sind bezüglich der Keimung und Entwickelung der Pflanze noch keine eingehenderen Beobachtungen angestellt worden.

Tiefgehende Wurzeln mit Adventivknospenbildung der Nebenwurzeln besitzt ferner Sonchus arvensis, der hauptsächlich auf den Dünen der ostfriesischen Inseln in Masse vorkommt, während er z. B. auf den Dünen der Nehrungen sehr selten ist und für weite Strecken überhaupt fehlt. Diesem schliesst sich an Tragopogon floccosus W. et K., der auf den Dünen der kurischen Nehrung von Cranz bis Memel und am Ostseestrande noch weiter nordwärts sehr verbreitet ist. Auch an dieser Dünenpflanze konnte ich an einer Durchbruchsstelle der Dünen Adventivknospenbildung beobachten. Zwar tritt T. floccosus niemals in kleinen Beständen auf, sondern findet sich mehr vereinzelt, aber dennoch vermag er durch die tiefgehenden Wurzeln und durch buschigen Wuchs den Flugsand der Dünen zu hemmen und zu festigen. Von Holzpflanzen entwickelt weithin reichende ausläuferähnliche Wurzeln mit vielen Adventivknospen der Stranddorn, Hippophaës rhamnoides, und eignet sich daher zur Bepflanzung der Dünen, worauf bereits Viborg a. a. O. hinweist. An der ostpreussischen Küste wächst der Strauch übrigens nicht bloss auf Dünen, sondern auch auf Diluvialboden. Er bedeckt z. B. bei Neuhäuser und Palmnicken in geschlossenen Beständen die Strandböschung bis zum Sandstrande hinab. Ausgezeichnet durch weithin kriechende ausläuferähnliche Wurzelbildung ist die auf einigen ost- und nordfriesischen Inseln vorkommende Dünenrose, Rosa pimpinellifolia. Ihre markführenden und durch reiche Knospenbildung ausgezeichneten Wurzeln kriechen wagerecht über 1 m im Sande fort und entsenden eine zahlreiche Wurzelbrut nach oben. Der kurze, reichverzweigte Stamm ist vom Sande eingehüllt, und die buschigen Kronen ragen nach Buchenau nur 10—20 cm aus dem Sande empor, sehr dichte kleinere und grössere Bestände bildend. Die Dünenrose ist besonders auf den Dünen von Norderney sehr häufig, nur spärlich auf Juist und Spiekeroog, auf den nordfriesischen Inseln Amrum und Röm sehr verbreitet, desgleichen auf Sylt, besonders auf der nördlichen Halbinsel List. Auch auf den west-

friesischen Inseln ist sie beobachtet worden. In der Entwickelung zahlreicher Brutknospen der Wurzel kommt ihr die Espe (Populus tremula) nahe, die unter den Dünenhölzern angetroffen wird und sich wegen dieser Reproduktionskraft zur Anpflanzung eignet. Durch reichliche Wurzelbrutbildung zeichnen sich auch noch andere Pappelarten aus, doch scheinen sie zur Bepflanzung der Dünen nicht geeignet zu sein.

Den Flugsand hemmen durch weit fortgestreckte Stengel und Aeste, die über dem Sandboden fortstreichen oder ihm aufliegen, u. A. Artemisia campestris, Empetrum nigrum, Ononis repens und Thymus Serpyllum, der auf den Dünen nur in der schmalblättrigen Form b. angustifolius Fr. vorkommt.



Abb. 119. Viola tricolor b. maritima. (Originalzeichnung des Verf.)

§ 6.

Blütenbildung der Dünenpflanzen. An vielen Dünenpflanzen ist die Entwickelung auffallend grosser Blüten bekannt. Diese Thatsache ist den Forschern auf blütenbiologischem Gebiet nicht entgangen, und einer der hervorragendsten Blütenbiologen, Professor Knuth in Kiel, hat sich auch mit der Deutung dieser auffälligen Erscheinung beschäftigt. Der erwähnte Forscher führt die Vergrösserung der Blüten bei den Dünenpflanzen der nordfriesischen Inseln auf die Insektenarmut derselben zurück. Dort kommen nur wenige Insekten vor, die bei der Befruchtung der Pflanzen eine wichtige Rolle spielen. Durch die grossen Blumen sollen nun Insekten angelockt werden, um eine Fremdbestäubung zu bewirken, die zur Erhaltung der Art vorteilhafter als die Selbstbestäubung ist, obgleich die Mehrzahl der Pflanzen auf den nordfriesischen Inseln so gebaut erscheint, dass eine Selbstbefruchtung eintreten kann. So befruchtet sich z. B. der mit schönen roten Blüten versehene Lathyrus maritimus schon bei geschlossenen Blumenknospen. Auffallend grosse Blüten, die bis 4 cm Durchmesser

besitzen können, führt auch Viola tricolor b. maritima (Abb. 119), ferner die auf Dünen, besonders auf den ostfriesischen Inseln vorkommende Viola canina b. lancifolia Thore, ferner c. flavicornis, auch Campanula rotundifolia, namentlich auf den nordfriesischen Inseln in schöner Entwickelung. Armeria vulgaris, desgleichen Linaria vulgaris und auf den Dünen der ost- und westpreussischen Küste L. odora Chavannes besitzen grosse Blumenkronen, die bei der letzteren Pflanze auch durch ihren Duft Insekten anlocken können. Die auf den Dünen vorkommenden Exemplare von Cynoglossum officinale besitzen ebenfalls etwas hellere und grössere Blumenkronen als die gewöhnliche Binnenlandform. Auch Hieracium umbellatum tritt auf den Dünen in besonders grossblütigen Formen auf, desgleichen Sonchus arvensis und Epilobium angustifolium. Blütenbiologische Beobachtungen sind im nordöstlichen Deutschland bis jetzt nur wenig durchgeführt, und besonders über die blütenbiologischen Verhältnisse der Dünenpflanzen des Ostseegestades fehlt eine zusammenfassende Arbeit noch vollständig. Es steht jedoch zu erwarten, dass sich auch hier, besonders auf den Nehrungen, grössere Verschiedenheiten als sie bisher angenommen werden, von den im Binnenlande obwaltenden Verhältnissen feststellen lassen werden.

C. Gliederung und geographische Verbreitung der Dünenpflanzen.

§ 7.

Gliederung der Dünenflora. Es liegt schon in der Natur des Bodens und des Standortes, dass die Vegetation an allen Orten nicht die gleichmässige Zusammensetzung besitzen kann, und so gleichförmig die Pflanzendecke am Strande bei oberflächlicher Betrachtung auch zu sein scheint, so verhält es sich damit in Wirklichkeit doch anders, wenn man die Bestandteile der Flora näher untersucht; indessen wird man sehr bald zusammengehörige Gruppen oder Zonen finden, die sich von einander unterscheiden, obwohl sie durch vielfache Uebergänge verbunden sind. In der nächsten Umgebung des Meeres ist der Sandboden salzhaltiger und durch die Bruchstücke der Muschelschalen auch kohlensauren Kalk führend, während landeinwärts dem Sande die genannten Bestandteile nicht mehr beigemengt sind. Dementsprechend finden sich im salzhaltigen Boden in der Nähe des Meeres die Salzpflanzen, während der lockere Dünenboden, welcher arm an Humus und völlig salzfrei ist, vorwiegend Sandpflanzen oder ausschliesslich psammophile Arten enthält. Sobald durch die Sandgräser der Flug-

sand gebunden worden ist, dringen allmählich immer mehr Elemente der Heidevegetation gegen die Binnendünen vor und erobern sich schliesslich dieses Gebiet vollständig, sodass man die Heide als die Schlussformation der Dünenflora betrachten kann. Bereits Warming hat unter Berücksichtigung der an der jütländischen Küste obwaltenden Verhältnisse die Dünenvegetation in die drei Vereinsklassen Sandstrand, weisse und graue Düne eingeteilt, die wir auch bei uns wiederfinden können.

§ 8.

Vegetation des Sandstrandes. Es ist dieses die Vegetationszone, die dem Meere zunächst gelegen ist und vorzugsweise den salzhaltigen Boden in einem schmalen Streifen bedeckt. Auf der Sandfläche, die von den Meereswogen bei bewegter Luft mehr oder weniger weit bespült wird, fehlt jede Vegetation, da die Samen nicht zur Ruhe kommen, und ein ungestörter Keimungsprozess nicht vor sich gehen kann. Hier finden sich von pflanzlichen Organismen nur ausgeworfene Meeresalgen und Seegrasstücke (Zostera marina), sehr selten noch andere Teile von Wasserpflanzen. Erst da, wo der Strand von den Wogen nicht bespült wird, finden sich die ersten Spuren der Vegetation. Hier wuchern zerstreut die Halophyten Cakile maritima, Salsola Kali, Ammadenia peploides, Atriplex hastatum b. salinum und andere Arten wie Agropyrum junceum, seltener Eryngium maritimum und Xanthium italicum (z. B. b. Pillau und Hela). Auch der seewärts abfallende Hang der Vordüne ist zum Teil noch hierher zu rechnen, obwohl dort bereits ausser Agropyrum junceum auch die angepflanzten Sandgräser Ammophila arenaria, A. baltica und Elymus arenarius vorkommen und gut gedeihen. Agropyrum junceum ist jedoch als erste dünenbildende Grasart anzusehen und findet sich meist auch am Fusse der Vordüne oder auf dieser. Auf der Vordüne ist am ost- und westpreussischen Strande bereits Corispermum intermedium zerstreut anzutreffen, während weiter westwärts auch Salicornia herbacea und die sehr seltenen Crambe maritima wie Glaucium luteum (Dänemark) angetroffen werden können. Nur auf der ostfriesischen Insel Borkum und auf einigen westfriesischen Inseln findet sich Convolvulus Soldanella, eine Winde, die weiter an den atlantischen und mediterranen Küsten Europas häufiger wird. Doch gehört diese Pflanze besser zu § 10. Die meisten der hierhergehörigen Pflanzen sind einjährig und besitzen eine deutliche halophile Struktur.

§ 9.

Vegetation der weissen oder Wanderdüne. Die vom Winde landeinwärts getriebenen Sandkörner werden allmählich zu hohen, fast kahlen Sandbergen, den weissen oder Wanderdünen, aufgetürmt, wenn

keine Vordünen zum Schutze des dahinter gelegenen Geländes durch Anpflanzung von sandbindenden Arten gebildet werden würden. Die hohen Wanderdünen auf Sylt und auf der kurischen Nehrung entbehren streckenweise jede Vegetation, indessen sind sie meist nicht völlig kahl, wie es der Augenschein, besonders aus weiterer Entfernung, vermuten lässt. Vereinzelt, zuweilen in weiten Abständen von einander, kommen auch auf den weissen Dünen einzelne Büschel von Ammophila arenaria und Elymus arenarius vor. Sie besitzen die Fähigkeit, durch den auffliegenden Sand hindurchzuwachsen, und die Länge ihrer Stengel nimmt mit der Höhe der Düne zu, obgleich sie weiter unterwärts absterben. Der Strandhafer oder Helm, Ammophila arenaria, kann daher unter Umständen die längste unter den einheimischen Pflanzen werden. In weiten Abständen durchziehen die Aeste des Strandhafers den Dünensand, und nur unregelmässig, je nach Bedarf, entwickeln sich aus seinen nackten Knospen Ausläufer, was besonders deutlich an Durchbruchsstellen der Dünen bemerkt werden kann. Nicht selten legen sich die ausgewehten Büschel, aus denen sich die Blütenstengel entwickeln sollten, nieder, wobei sich die oberen Aeste ausläuferartig entwickeln und wie Einzelpflanzen fortwachsen. Je dichter der Graswuchs auf der weissen Düne wird, desto mehr kommt der Flugsand zur Ruhe. Es siedeln sich neben den Strandgräsern auch noch andere Bestandteile der Strandflora an, und damit geht diese Zone über in die Vereinsklasse der grauen oder grasbewachsenen, festliegenden Düne.

§ 10.

Vegetation der grauen oder festliegenden Düne. Schon die Flora der Vordünen kann hierzu gerechnet werden. Hier treten ausser Ammophila arenaria und A. baltica sowie Elymus arenarius vielfach auch Calamagrostis epigea, vor allem aber Festuca rubra b. arenaria Osbeck auf, besonders auf den Nehrungen. Es gesellen sich noch Festuca ovina nebst Weingaertneria canescens dazu, ferner Carex arenaria, die Sandsegge, mit ihren weithin kriechenden Rhizomen, Petasites tomentosus, Artemisia campestris, Ammadenia peploides, Viola tricolor b. maritima, auf den ostfriesischen Inseln Sonchus arvensis, auf der kurischen Nehrung Tragopogon floccosus, Erigeron acer, auch in der kahlen Form droebachiensis, Oenothera biennis nebst fr. parviflora, Lathyrus maritimus in grösseren Herden, Linaria odora, Eryngium maritimum, begleitet von niedrigen Büschen von Salix repens b. argentea, S. daphnoides, sowie von ihrem Bastarde S. daphnoides × repens (S. Patzeana Anders.), S. nigricans, auf ost- und westpreussischen Dünen, S. viminalis und S. Caprea, wie

S. dasyclados, besonders in Ostpreussen; ferner S. purpurea nebst S. purpurea × repens, S. aurita nebst S. aurita × repens und seltener S. cinerea, die feuchtere Standorte verlangt. In den hinter den Vordünen landeinwärts gelegenen Teilen sind in Ost- und Westpreussen Plantagen angelegt. Sie enthalten vornehmlich die Hakenkiefer, Pinus montana b. uncinata, die ganz vorzüglich gedeiht und den Sandflug hemmt, ferner P. silvestris und im Westen auch Pinus Laricio b. austriaca, ausserdem Alnus glutinosa und A. incana an feuchteren Stellen; Populus tremula, Betula verrucosa und B. pubescens, sowie seltener Populus canadensis, P. balsamifera und wohl auch P. nigra. Zwischen diesen Holzpflanzen hat sich eine Waldflora eingenistet. Der Boden bedeckt sich mit Flechten, insbesondere Cladonien, wie z. B. mit der Renntierflechte, Cladonia rangiferina, C. pyxidata, C. fimbriata, Stereocaulon tomentosum, untermischt von Peltigera canina, P. polydactyla und P. spuria, ferner findet sich nicht zu selten das isländische Moos (Cetraria islandica) auch in der fr. subtubulosa, Cornicularia aculeata, welche die dürrsten Stellen bevorzugt, ferner Usnea barbata, Alectoria jubata, Evernia furfuracea, Parmelia physodes und P. saxatilis. Dazwischen schiessen hervor Epipactis rubiginosa im ostpreussischen und westpreussischen wie pommerschen Teile der Ostseeküste, Hieracium umbellatum, b. coronopifolium, c. linarifolium und d. dunale, Thymus Serpyllum b. angustifolius in dichten Büschen und Polstern, Cynoglossum officinale, Verbascum Thapsus in stattlichen, mehr vereinzelten Exemplaren. Auch verschiedene Pilze tauchen nunmehr auf, wie z. B. Boviste, Lycoperdon gemmatum, seltener L. excipuliforme und L. caelatum, ferner Tylostoma mammosum, Russula emetica, der Täubling, Coprinarius papilionaceus und von Polyporeen Boletus granulatus, B. scaber, B. variegatus und B. bovinus, seltener die Lorchel (Gyromitra esculenta) und die Spitzmorchel (Morchella conica). Ein mehr oder weniger zusammenhängender Moosteppich bedeckt den Sandboden und hindert sehr wesentlich die Beweglichkeit des Flugsandes. Die Moose führen der Oberfläche des Dünenbodens Feuchtigkeit zu und verhindern gleichzeitig die schnelle Verdunstung des Wassers, das im Boden enthalten ist. Hauptsächlich sind es Laubmoose, die in Massen auf den grauen Dünen auftreten. Man kann dort finden in dichten bräunlichen Polstern Tortula ruralis oder Syntrichia ruralis, dem sich Racomitrium canescens mit graugrünen dichten Beständen anschliesst, ferner Grimmia pulvinata, Ceratodon purpureus, Polytrichum piliferum, P. juniperinum, an feuchteren Stellen P. commune, Brachythecium albicans in zerstreuten, mehr hellgrünen Rasen, Hypnum cupressiforme und H. Schreberi, Climacium dendroides, Dicranum scoparium, mehrere Arten von Bryum,

insbesondere B. argenteum, B. pendulum u. a., Leptobryum pyriforme, Dicranella heteromalla u. a. Lebermoose sind weniger zahlreich vertreten, indessen fehlen hier noch gründliche Untersuchungen. Warming nennt von Lebermoosen nur Lophocolea bidentata (L.) Du Mort. und Cephalozia divaricata Engl. Bot. für die jütländischen Dünen, während von Eiben Scapania irrigua u. a. für die Dünenthäler der ostfriesischen Inseln angegeben wird.

G. C. A. Krause führt eine Anzahl von Pflanzen auf, die den grasbewachsenen oder grauen Dünen grösstenteils angehören, indessen berücksichtigt er vorwiegend nur die in Westpreussen obwaltenden Verhältnisse. Danach entfallen auf die trockene Aussendüne Veronica officinalis, V. scutellata, Agrostis vulgaris, Aera flexuosa (auch auf der hohen Düne), Festuca villosa Weiss = F. rubra b. arenaria Osbeck (auch hohe Düne), Ammophila baltica, A. arenaria (auch hohe Düne), Agropyrum junceum, Elymus arenarius (seltener auf der hohen Düne), Galium Mollugo (auch auf hoher Düne), Plantago lanceolata, P. maritima, (nur Westpr.) P. arenaria, Myosotis stricta, Cynoglossum officinale, Convolvulus sepium (auch auf hoher Düne), Jasione montana, Viola tricolor (auch auf hoher Düne), Eryngium planum (nur Westpr.), E. maritimum, Heracleum sibiricum (nicht das weissblütige H. Sphondylium, wie es Krause erwähnt), Rumex Acetosa (auch auf hoher Düne), R. Acetosella desgl., Epilobium angustifolium, Oenothera biennis (auch auf hoher Düne), Vaccinium Vitis idaea, Calluna vulgaris (auch auf hoher Düne), Pirola chlorantha, Silene nutans, Ammadenia oder Honckenya peploides, die auf der hohen Düne selten ist, Sedum acre (auch auf hoher Düne), Euphorbia helioscopia (auch auf hoher Düne), Potentilla anserina, P. argentea (auch auf hoher Düne), Alectorolophus major, Linaria vulgaris (auch auf hoher Düne), desgl. Arabis arenaria, Anthyllis vulneraria, Vicia Cracca (auch auf hoher Düne), V. angustifolia (auch auf feuchter Aussendüne), Lathyrus maritimus, Trifolium repens, T. pratense, T. arvense, T. filiforme, Coronilla varia (Westpreussen), Medicago falcata, Lotus corniculatus, Hypericum perforatum (auch auf hoher Düne), ebenso Hieracium Pilosella, H. umbellatum, Taraxacum officinale, Cirsium arvense, Artemisia campestris, A. Absinthium, A. vulgaris, Helichrysum arenarium und Tanacetum vulgare (auch auf hoher Düne), Chrysanthemum Leucanthemum, Ch. segetum, Erigeron acer (auch auf hoher Düne), E. canadensis, Senecio silvaticus (auch auf hoher Düne), desgleichen Anthemis Cotula, Tussilago Farfara, Achillea Ptarmica, A. millefolium, Centaurea Jacea, Carex arenaria (auch auf hoher Düne), Salix repens (auch auf der Binnendüne), desgleichen S. repens b. rosmarinifolia Koch, Empetrum nigrum, Lycopodium clavatum, Botrychium Lunaria,

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn, Ceratodon purpureus, Racomitrium canescens, Bryum argenteum, Aulocomnium androgynum, Cetraria islandica, Cornicularia aculeata und Cladonia rangiferina. Auf der hohen Düne mit Einschluss der inneren Vordüne kommen nach Krause vor: Corispermum intermedium, Weingaertneria canescens, auch auf der trockenen Aussendüne wie Aera flexuosa, Festuca rubra b. arenaria (F. villosa Weiss), Ammophila arenaria, Elymus arenarius, jedoch selten, Galium Mollugo, Verbascum Thapsus, Convolvulus sepium auch auf trockener Aussendüne, Jasione montana, wie vorige, desgl. Viola tricolor, Armeria vulgaris. Auch auf trockener Aussendüne wachsen: Rumex Acetosa, R. Acetosella, Oenothera biennis, Ammadenia peploides, Sedum acre, Spergula nodosa, Euphorbia helioscopia, Potentilla argentea, Lamium purpureum, Linaria vulgaris, während L. odora Chav. (L. Loeselii Schweigg.) und Berteroa incana nur auf hoher Düne vorkommen. Die hohe Düne hat mit der trockenen Aussendüne gemeinsam: Arabis arenosa, Vicia Cracca, Hypericum perforatum, Hieracium Pilosella, H. umbellatum, Taraxacum officinale, Cirsium arvense, Artemisia campestris, Helichrysum arenarium, Tanacetum vulgare, Erigeron acer, Senecio silvaticus, Anthemis Cotula und Carex arenaria. Zur Flora der Dünenthäler gehören die Pflanzen, welche Krause für seine feuchte Aussendüne oder „Glowwe" zitiert. Es sind dies: Veronica longifolia, V. hederifolia, Lycopus europaeus, (Rhynchospora fusca R. et Sch., von Krause als Schoenus fuscus aufgeführt, war zu jener Zeit in Preussen noch nicht sicher erkannt und wurde auch später sehr selten wohl auf Mooren, aber nicht im Dünengebiet beobachtet), Eriophorum latifolium, Holcus mollis, Poa pratensis, Bromus inermis, Radiola linoides, Erythraea Centaurium, Campanula rotundifolia, Glaux maritima, Chenopodium album, Cicuta virosa, Drosera rotundifolia, Juncus squarrosus, J. bufonius, J. compressus (J. acutiflorus bei Krause beruht wohl auf Verwechselung mit J. alpinus Vill oder J. lamprocarpus Ehrh., die er nicht nennt, J. acutiflorus Ehrh.=J. silvaticus Reichardt wurde dort nie im Bereich der Dünen gefunden und ist auch sonst in der preussischen Flora sehr selten), J. balticus, J. capitatus, Erica Tetralix (von Westpreussen westwärts), Polygonum Hydropiper, Pirola rotundifolia, Dianthus deltoides, Silene tatarica, sehr selten und nur im Bereich der Weichsel; Cucubalus baccifer, Stellaria media, Lychnis flos cuculi, Spergula nodosa, die auch auf hoher Düne vorkommt, Lythrum Salicaria, Thalictrum flavum, Ranunculus repens, R. acer, Stachys palustris, Euphrasia officinalis, Draba verna, Capsella bursa pastoris, Erysimum cheiranthoides, Erodium cicutarium, Vicia angustifolia, die auch auf trockener Aussendüne vorkommt, Medicago lupulina, Leontodon

autumnalis, Hypochoeris glabra, Cirsium lanceolatum, Gnaphalium uliginosum, Orchis latifolia (wohl aber auch die häufigere O. incarnata) Epipactis latifolia, Malaxis paludosa, Carex leporina, C. stellulata, C. caespitosa und C. Goodenoughii, von der sie von Krause nicht getrennt wird, ferner C. Pseudo-Cyperus, C. filiformis, C. acuta, C. vesicaria und C. hirta, Equisetum limosum, E. pratense, Lycopodium inundatum, Syntrichia ruralis, Polytrichum commune. Diesen reihen sich am besten auch die Bestandteile der Binnendüne und feuchten Binnendüne Krauses an. Hierhin gehören: Festuca ovina b. duriuscula L., Berberis vulgaris, Sempervivum soboliferum, Rosa canina, Lamium purpureum, Salix repens nebst b. rosmarinifolia Koch, die auch auf der Aussendüne vorkommen, desgleichen Empetrum nigrum; Molinia coerulea, Hierochloa odorata, Sieglingia decumbens, Menyanthes trifoliata, Chaerophyllum temulum, Aegopodium Podagraria und Ranunculus repens, der auch auf feuchter Aussendüne wächst. Die Vegetation der Binnendüne trägt schon völlig den Charakter der Heide- und Wiesenflora, wie auch diejenige der feuchten Aussendüne, die dem Pflanzenwuchs der Dünenthäler entspricht; indessen ist in dieser Aufzählung keineswegs der Gegenstand völlig erschöpft. Gerade die Dünenthäler enthalten ein Gemisch der Wiesen- und Waldflora des Binnenlandes und unterscheiden sich wesentlich von dem auf den Dünen vorkommenden Pflanzenwuchs. Nach Buchenau wurden z. B. in Dünenthälern der ostfriesischen Inseln beobachtet: Ranunculus Flammula, Caltha palustris, Helianthemum guttatum Mill., Drosera rotundifolia, Parnassia palustris, Polygala vulgaris, Sagina nodosa, Stellaria glauca With., S. graminea, Linum catharticum, Ononis spinosa, O. repens, Trifolium pratense, T. procumbens, Vicia Cracca, Ervum hirsutum (Langeoog, auf Borkum u. Wangeroog Ruderalpflanze), Comarum palustre, Potentilla reptans, P. anserina, Epilobium angustifolium, E. parviflorum Schreb., Lythrum Salicaria, Hydrocotyle vulgaris, Apium graveolens, Galium palustre, G. verum, G. Mollugo sowie der Bastard G. Mollugo × verum (G. ochroleucum Wolf), Eupatorium cannabinum, Tussilago Farfara, Gnaphalium dioecum, Arnica montana (auf Borkum? indessen auf den nordfriesischen Inseln auf Heideflächen), Senecio paluster, S. Jacobaea, Vaccinium uliginosum, Pirola rotundifolia, P. minor, Menyanthes trifoliata, Gentiana Pneumonanthe, G. campestris, G. Amarella, Cicendia filiformis Delarbre (Borkum), Erythraea litoralis Fr., Veronica scutellata, V. Chamaedrys, V. officinalis, Alectorolophus major, Euphrasia officinalis, Lycopus europaeus, Samolus Valerandi L. (Borkum und Norderney), Litorella juncea Bergius, Plantago major (auch Ruderalpflanze), P. lanceolata, P. maritima, P. Coronopus, Rumex crispus (auch als Ruderal-

pflanze), R. Hydrolapathum, Polygonum Persicaria, P. Hydropiper (beide auch als Ruderalpflanzen), P. minus Huds., Hippophaës rhamnoides, Empetrum nigrum, Salix aurita, Triglochin palustris, Orchis latifolia, Gymnadenia conopea RBr. (Borkum, Juist), Epipactis palustris Crantz, Listera ovata, Liparis Loeselii, Juncus capitatus Weig., J. acutiflorus Ehrh., J. lamprocarpus Ehrh., J. anceps Lah. b. atricapillus Drej., J. supinus, Heleocharis palustris, H. uniglumis Lk., Eriophorum vaginatum, Carex dioeca, C. teretiuscula Good., C. stellulata Good., C. Goodenoughii Gay, C. trinervis Degl., C. glauca Scop., C. Oederi Ehrh., C distans L., Hierochloa odorata Wahlenb. (Borkum und Langeoog), Agrostis vulgaris With., A. canina L., Calamagrostis epigea Roth, C. lanceolata Roth, Phragmites communis, Holcus lanatus, Sieglingia decumbens, Festuca ovina, Agropyrum repens, Nardus stricta, Equisetum variegatum Schleich., Ophioglossum vulgatum, Botrychium Lunaria Sw., B. rutifolium A. Br. (B. ternatum Thunb.) Diese Liste enthält eine Menge solcher Spezies, die auch in unseren Dünenthälern vorkommen. In der ostpreussischen Flora treten Stellaria Frieseana, Moehringia trinervia, Campanula Trachelium, Microstylis monophyllus noch hinzu, allerdings fehlen mehrere Spezies, die Nordwestdeutschland angehören oder teilweise auch im Binnenlande in Nordostdeutschland beobachtet worden sind.

Auf den mit einer heideartigen Flora bedeckten Binnendünen treten am Ostseestrande, besonders im Nordosten, zuweilen in grosser Zahl Cynanchum officinale Mönch, Dianthus arenarius neben Pulsatilla pratensis, Campanula persicifolia und Koeleria glauca auf. Bemerkenswert ist die auf den Binnendünen Neu-Vorpommerns verbreitete, aber sonst im Dünenbereich fehlende Orobanche caryophyllacea Sm., die auf Labkräutern (Galium Mollugo etc.) schmarotzt.

§ 11.

Die geographische Verbreitung einiger Dünenpflanzen im deutschen Küstengebiet. Viele dem Dünenbereich angehörenden Arten besitzen eine weite und mehr oder minder geschlossene Verbreitung an den Küsten, wie z. B. Ammophila arenaria, Elymus arenarius, Carex arenaria, Ammadenia peploides, Salsola Kali, Cakile maritima u. s. w. Die erstgenannten Arten werden auch schon durch die Kultur, also durch Zuthun des Menschen verbreitet, indessen giebt es doch eine Anzahl von Pflanzen, die gewisse Gebietsgrenzen nicht überschreiten, und von denen man annehmen darf, dass sie in ihrer Verbreitung eine Grenze im Gebiet finden. So z. B. erreicht Phleum arenarium in Mecklenburg bezw. Pommern eine Ostgrenze, denn die einst bei Danzig eingeschleppten Exemplare können hier nicht in Betracht

kommen. Dieses Phleum ist an der atlantischen Küste Europas nicht selten und findet sich auf den Dünen aller ostfriesischen Inseln, während es auf den nordfriesischen Inseln nur für Röm mit Sicherheit bekannt ist, denn der Fundort auf Föhr ist nicht völlig verbürgt. Desgleichen sind Carex trinervis Degl. (C. friesica H. Koch), Juncus atricapillus, Cerastium tetrandrum Curtis, Rosa pimpinellifolia, Convolvulus Soldanella und Helianthemum guttatum Mill. westliche, meist an den Küsten des atlantischen Oceans vorkommende Arten, die nach Osten hin ihre Grenze finden. Hier würde sich Erica Tetralix anreihen, wenn sie eine typische Dünenpflanze wäre. Sie erreicht bekanntlich an der Danziger Bucht eine relative Ostgrenze, kommt aber kaum im Bereich der Dünen vor. Auch Thalictrum minus var. dunense Du Mortier und Thrincia hirta Roth dürften als Dünenpflanzen nur noch auf den ostfriesischen Inseln vorkommen. Dahingegen giebt es auch eine Anzahl von Pflanzen, die im Dünengebiet der deutschen Küste eine Westgrenze erreichen. Hierhin gehören: Corispermum intermedium Schweigg., nur auf Dünen rechts vom Weichselgebiet, Linaria odora Chavannes (L. Loeselii Schweigg.), von der Küste Hinterpommerns ostwärts eine häufige Dünenpflanze, Epipactis rubiginosa Gaud., von Neu-Vorpommern mit geringen Unterbrechungen auf Dünen ostwärts eine häufige Erscheinung. Geradezu charakteristisch ist für die Dünen der kurischen Nehrung Tragopogon floccosus W. et Kit. (T. heterospermus Schweigg.). Er fehlt in diesem Dünengebiet nirgends und tritt bereits nördlich vom Seebadeorte Cranz in den Dünen recht häufig, obgleich stets vereinzelt, auf.*) Auffallend ist auch das häufigere Auftreten von Astragalus arenarius L., Artemisia campestris, besonders in der fr. sericea, Petasites tomentosus DC. und Senecio vernalis im östlichen Teile des deutschen Küstengebietes, während diese Pflanzen im westlichen Dünengebiet fast völlig zu fehlen scheinen. Es handelt sich hierbei nur um relative Westgrenzen, aber bemerkenswert ist das Fehlen der meisten der genannten Pflanzen auf den Dünen der nord- und ostfriesischen Inseln, während sie auf den Dünen der Ostseeküste häufiger vorkommen. — Anderseits verschwinden einige Arten, die früher eine grössere Verbreitung hatten. So wurde früher Convolvulus Soldanella auf den ostfriesischen Inseln Norderney, Juist und Wangeroog beobachtet, während sie heute nur noch auf Borkum vorkommt. Ob diese Winde auf der westfriesischen Insel Texel noch existiert, ist nicht sicher erwiesen. Auch Crambe maritima L. war früher beobachtet worden,

*) Zwar wurde T. floccosus angeblich einmal auf Ostswine bei Swinemünde nach Marsson beobachtet, ist aber später nie wieder gefunden worden. Auch wird behauptet, dass er bei Steegen, südlich von der Danziger Bucht, vorkäme, doch fehlen hierzu neuere Nachforschungen.

doch fehlt sie jetzt wohl überall am deutschen Strande. Die Verbreitungsverhältnisse werden auf der folgenden Uebersichtstabelle am besten veranschaulicht werden. Die Sporenpflanzen wurden mit Ausnahme von Polypodium vulgare fortgelassen, weil die Dünenflora daraufhin noch wenig erforscht ist, insbesondere in Nordostdeutschland.

Uebersicht über die Verbreitung der hauptsächlichsten Dünenpflanzen des deutschen Küstengebiets.

Abkürzungen: A = Acker, AW = Acker und Wiese, ch = charakteristisch, c und cult = cultiviert, Dth = Dünenthal, GrD = Graue Düne, WD = Weisse Düne H = Heide, Rd = Ruderalpflanze, Str = Sandstrand, Ws = Wiese, + = Vorkommen.

	Nordseestrand												Ostseestrand			
	Ostfriesische Inseln							Nordfriesische Inseln								
	Borkum	Juist	Norderney	Baltrum	Langeoog	Spiekeroog	Wangeroog	Amrum	Föhr	Sylt	Röm	Düne von Helgoland	Neu-Vorpommern	West-Preussen	Ost-Preussen	Standort
Polypodium vulgare *L.*	+	+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	GrD
Juniperus communis *L.*	+									+			+	+	+	GrD
Phleum arenarium *L.*	+	+	+	+	+	+	+		?		+					WD
Calamagrostis epigea Roth	+	+	+		+			+	+	+			+	+	+	Dth
Agrostis alba *L.* und **A. vulgaris** *L.*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Ammophila arenaria Lk	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	WD
A. baltica Lk	+	+	+		+			+	+			+	+	+	+	WD
Weingaertneria canescens Bernh.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	GrD
Avena praecox PB.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		GrD
Koeleria glauca DC	+	+	+				+				+		+	+	+	GrD
Dactylis glomerata *L.*	+	+	+	+	+	+	+						+	+	+	GrD
Festuca rubra b) arenaria Osbeck	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	GrD WD
Bromus mollis *L.*	+	+	+	+	+	+	+	Ws	Ws	Ws	Ws		Ws	Ws	Ws	GrD
Agropyrum junceum PB.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Str
Elymus arenarius *L.*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	GrD WD
Carex arenaria *L.*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	GrD WD
C. trinervis Degland.	+		+		+	+				+	+					Dth
Juncus balticus Willd.	+												+	+	+	Dth
J. capitatus Weig.										+	+		+	+	+	Dth
J. pygmäus Thuill.								+		+	+					Dth
J. lamprocarpus Ehrh.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	Dth
J. atricapillus Drej.	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+					Dth
Luzula campestris DC	+	+	+	+	+	+	+	H	H	H	H		+	+	+	GrD
Asparagus officinalis *L.*	+	+	+		+								+	+	+	GrD
Epipactis latifolia All.	+	+	+										+	+		GrD
E. rubiginosa Gaud.													+	+	+	GrD WD
Populus tremula *L.*		Nur verwildert.						Nur verwildert.					+	+	+	GrD
Salix daphnoides Vill. nebst var.													+	+	+	GrD WD

	Nordseestrand												Ostseestrand			
	Ostfriesische Inseln							Nordfriesische Inseln								
	Borkum	Juist	Norderney	Baltrum	Langeoog	Spiekeroog	Wangeroog	Amrum	Föhr	Sylt	Röm	Düne von Helgoland	Neu-Vorpommern	West-Preussen	Ost-Preussen	Standort
S. acutifolia Willd.			cult												cult	GrD WD
S. viminalis *L.*			Nur cult.										+	Meist cult.		GrD
S. repens *L.* besonders in der var. argentea Sm.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	WD GrD
S. purpurea *L.*													+	+	+	GrD
Alnus glutinosa Gaertn.			Nur cult.					Nur cult.					+	+	+	GrD
Betula verrucosa Ehrh. (B. alba L. z. Th.)	+c	+			+								+	+	+	GrD
Betula pubescens Ehrh.			+c					+					+	+	+	GrD
Rumex Acetosella *L.*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	GrD
Corispermum intermedium Schweigg.														+	+	WD
Salsola Kali *L.*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+·ch	+	+	+	WD Str
Arenaria serpyllifolia *L.*	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+	GrD
Ammadenia peploides Rupr. (Honckenya peploides Ehrh.)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Str
Cerastium semidecandrum *L.*	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	GrD
C. tetrandrum Curtis			+	+	+	+		+		+						
C. triviale Lk								+	+	+	+		+GrD	+GrD	+GrD	GrD
Silene Otites Sm	+	+	+					+		+	+		+		+	GrD
S. nutans *L.*													+		+	GrD
Pulsatilla vulgaris Mill.								+								GrD H
Thalictrum minus *L.* b) dunense Du Mort	+		+		+	+	+									GrD
Cakile maritima Scop.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	Str
Stenophragma Thalianum (*L*) Ce'.			+			+		+		+						
Teesdalea nudicaulis R. Br.				+				+	+	+	+					GrD
Sedum acre *L.*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	WD GrD
Parnassia palustris *L.*	+		+			+										Dth
Rubus caesius *L.*	+	+	+				A Rd	A Rd	A Rd				+	+	+	GrD
Rosa pimpinellifolia *L.*	?	+	+ch			+		+		+ch	+					GrD
Trifolium arvense *L.*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	GrD
Ononis repens *L.*	+		+		?	+	+									Dth
Anthyllis Vulneraria *L.* b) maritima Schweigg.	?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	GrD
Lotus corniculatus *L.*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	GrD
Astragalus arenarius *L.*														+	+	GrD
Ornithopus perpusillus *L*								+	+	+						GrD
Vicia angustifolia All.	+		+	+	+			+	+	+	+					GrD
V. lathyroides *L.*	+	+	+		+									+	+	GrD

	Nordseestrand												Ostseestrand			
	Ostfriesische Inseln							Nordfriesische Inseln								
	Borkum	Juist	Norderney	Baltrum	Langeoog	Spiekeroog	Wangeroog	Amrum	Föhr	Sylt	Röm	Düne von Helgoland	Neu-Vorpommern	West-Preussen	Ost-Preussen	Standort
Lathyrus maritimus (*L*) Bigelow		+				+		+	+	+			+	+	+	GrD
Empetrum nigrum *L.*	+		+		+	+Ws		+	+	+	+		+	+	+	Dth
Helianthemum guttatum Mill.			+ch													Dth
Viola tricolor c. var. maritima Schweigg.	+	+	+	+	+	+	+	+?	+?	+?	+?		+	+	+	GrD WD
V. canina b) lancifolia Thore u. c) flavicornis Rchb	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+					GrD
V. arenaria DC														+	+	GrD
Hippophaës rhamnoides *L*	+	+	+Dth	+	+							+c	+	+	+	Dth GrD
Oenothera biennis *L.* et var.	+	+	+					+	+	+		+		+	+	GrD
Epilobium angustifolium *L.*	+	+	+	+	+								+	+	+	Dth
Eryngium maritimum *L.*	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+		+	+	+	Ws GrD
Pimpinella Saxifraga *L.*	+			+				H	H	H	H		+	+	+	GrD
Calluna vulgaris (*L*) Salisb		+H	+H				+	+	+	+	+		+H	H	H	GrD
Erythraea linarifolia Pers. (E. litoralis Fr.)		+	+	+	+ch	+	+	+		+	+					Dth
E. pulchella Fr.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	Dth
Convolvulus Soldanella *L.*	+															
Cynoglossum officinale *L.*						+								+	+	GrD
Myosotis hispida Schldl.			+	+	+				+H		+H					GrD
Thymus Serpyllum b) angustifolius Fr.								+	+	+	+		+	+	+	WD GrD
Solanum Dulcamara *L.*		+	+						+	+				+	+	Dth
Verbascum Thapsus *L.*														+	+	GrD
Linaria vulgaris *L.*	+	+	+	+	+	+							+	+	+	GrD
L. odora Chavannes														+	+	WD
Veronica arvensis *L.*	+	+	+	+	+	+	+									GrD
V. officinalis *L.*													+	+	+	GrD
Melampyrum pratense *L.*													+	+	+	WD GrD
Euphrasia officinalis *L.*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	Dth GrD
Orobanche caryophyllacea Sm.													+			GrD
Plantago lanceolata *L.*													+	+	+	GrD
Galium verum *L.*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	GrD
G. Mollugo *L.*	+		+	+	+	+	+						+	+	+	GrD
G. verum×Mollugo	+		+	+	+		+						+	+	+	GrD

	Nordseestrand												Ostseestrand			
	Ostfriesische Inseln							Nordfriesische Inseln								
	Borkum	Juist	Norderney	Baltrum	Langeoog	Spiekeroog	Wangeroog	Amrum	Föhr	Sylt	Röm	Düne von Helgoland	Neu-Vorpommern	West-Preussen	Ost-Preussen	Standort
G. silvestre Pollich b) hirtum Koch . . .										+	+					GrD
Valerianella olitoria .															+	GrD
Campanula rotundifolia *L.*							+	+	+	+	+		+	+	+	GrD
Jasione montana b) litoralis Fr.	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+		+	+	+	GrD
Erigeron acer *L.* . . .	+	+	+				+			+	+		+	+	+	GrD
Helichrysum arenarium													+	+	+	GrD
Antennaria dioeca (Gnaphalium dioecum *L.*)													+	+	+	GrD
Filago minima Fr. . .	+		+		+		+	H	H	H	H		+	+	+	GrD
Matricaria inodora b) maritima	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+	GrD Str
Artemisia campestris *L.*													+	+	+	GrD
Petasites tomentosus DC.													+	+	+	GrD
Senecio vulgaris *L.* .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				GrD
S. silvaticus *L.* . . .	+		+		+		+	+	+	+	+		+	+	+	GrD
S. vernalis W. et K. .														+	+	GrD
S. Jacobaea *L.* b) discoideus Koch . . .	+	+														GrD
Cirsium lanceolatum Scop.	+	+	+	+	+	+	+	AVs	AVs	AVs	AVs	+	AVs	AVs	AVs	GrD
C. arvense Scop. . . .	+	+	+	+	+	+	+	A	A	A	A		A	A	A	GrD
Hieracium umbellatum *L.* et var. . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	WD
H. Pilosella *L.*	+		+					+	+	+	+		+H	+H	+H	GrD
Hypochoeris radicata *L.*	+	+	+	+	+	+	+	H	H	H	H		H	H	H	GrD
Thrincia hirta Roth. .	+	+	+	+	+	+	+									
Taraxacum officinale Web.	+	+	+	+	+	+	+	Ws	Ws	Ws	Ws		Ws	Ws	Ws	GrD
Sonchus arvensis *L.* et var.	+	+	+	+	+	+	+	A	A	A	A		A	A	A	GrD
Tragopogon floccosus W. et K.															+cb	WD

D. Kulturpflanzen der Dünen.

§ 12.

Uebersicht der Kulturpflanzen. Bereits frühzeitig war man darauf bedacht, den Flugsand der Dünen durch Anpflanzung geeigneter Gewächse zum Stillstand zu bringen. So hat u. a. Erik Viborg 1788 folgende Pflanzen als im hohen Masse zur Dünenkultur geeignet empfohlen und beschrieben: den Strandhafer, Ammophila arenaria Lk.

(Psamma arenaria R. et Schalt.), dänisch „Klittaget", „Hjelmen", auch in Nordwestdeutschland „Helm" genannt, ferner die Strandgerste Elymus arenarius L., „Marehalm" der Dänen, Stranddorn, Hippophaës rhamnoides L., „Hav- oder Klittorn", Sandsegge, Carex arenaria L., „Sandstar", „Senegraes" im Dänischen, die kriechende Weide, Salix repens L. b. argentea Sm., „Hvide Riis" und den Sichelklee oder die schwedische Luzerne, Medicago falcata L., „Segl-Sneglebaelle". Die Vorschläge Viborgs enthielten manches praktisch Verwertbare und fanden Beachtung. Am preussischen Ostseestrande hat der Ober-Plantagen-Inspektor Sören Biörn in Danzig mit bestem Erfolge zu Anfang dieses Jahrhunderts Bepflanzungen der Dünen in Westpreussen und auch in Ostpreussen vorgenommen (vergl. IV. Abschnitt, §§ 9—11). Ausser den sandbindenden Glumaceen hat er besonders Weiden zur Bepflanzung der Dünen benutzt. Neuerdings wird auf den Anbau der Weiden kein grosser Wert mehr gelegt, dagegen werden andere Holzarten mit Erfolg auf den bereits festgelegten Dünen und an den niedriger gelegenen feuchten Stellen gezogen. Neben Pinus silvestris L., der gemeinen Kiefer oder „Fichte", wie sie volkstümlich genannt wird, werden die Dünen hauptsächlich mit der „Hakenkiefer", Pinus montana Mill. b. uncinata Rchb., die von süddeutschen Gebirgen stammt, bepflanzt. Anfänglich wurden von der Hakenkiefer Samen vom Forstrat Schroeder in Wedellborg bei Eiby in Dänemark bezogen, (nach einer Mitteilung des Regierungs- und Forstrats Bock); später wurden Samen aus den auf ostpreussischen Dünen geernteten Zapfen entnommen und zur Aussaat gebraucht, und die daraus gewonnenen Pflänzlinge entwickelten sich sehr gut.

In Nord-Schleswig und Jütland wird die Hakenkiefer nach Beissner neuerdings ebenfalls zur Aufforstung der Dünen und Heiden verwandt. Sie wurde dort, wie auch bei uns früher irrtümlich, als „Pinus inops" bezeichnet (vergl. Bezzenberger). Unsere Hakenkiefer ist aber von der nordamerikanischen Jersey-Kiefer (Pinus inops Soland.) sehr verschieden. Letztere besitzt glatte und blaubereifte Zweige, die abwechselnd und nicht in Quirlen am Stamm angeordnet sind, wodurch sie schon in der Tracht abweicht. P. inops Bong. dagegen gehört zum Formenkreise der P. contorta Dougl., die an der pacifischen Küste Nordamerikas vorkommt, bei der übrigens die kurzen dicht gesägten Nadeln stark gedreht sind. — An der atlantischen Küste Nordamerikas werden (nach dem Yearbook of the United States Department of Agriculture 1899, S. 411) auf Dünen kultiviert: Pinus rigida Mill., P. silvestris L., P. maritima Lamk. und P. austriaca (Höss) Endl. Auf den ostpreussischen Dünen werden ausserdem von Nadelhölzern noch angepflanzt: Picea excelsa Lk., die Fichte, volkstümlich „Tanne"

genannt, ferner die aus dem östlichen Nordamerika stammende sogenannte „Schimmelfichte“, Picea alba Lk. Bereits junge Exemplare tragen reichlich Zapfen und gedeihen sehr gut besonders mit der Hakenkiefer untermischt. Von Laubhölzern werden an feuchten Stellen der Dünen kultiviert die Schwarzerle, Alnus glutinosa Gaertn., und die Birke, Betula verrucosa Ehrh. Im Danziger Bezirk und in Hinterpommern wurde nach Regierungs- und Forstrat Bock Pinus austriaca Endl., die zum Formenkreise der P. Laricio Poir. gehört, früher öfter gebaut, neuerdings jedoch nicht mehr. Dort wird auch Alnus incana DC. in den Plantagen viel angepflanzt.

Nach dem genannten Beobachter kam auch die nordamerikanische Strauchkiefer, Pinus Banksiana Lamb., einmal im Revier Steegen, südlich von der Danziger Bucht, als Kulturpflanze der Dünen vor, jedoch war der Erfolg des Anbauversuchs nur ein negativer. — Auf den nord- und ostfriesischen Inseln wird die Hakenkiefer neben der gemeinen und Meerstrandskiefer ebenfalls angepflanzt Hin und wieder wird auch der Gaspeldorn oder Stechginster (Ulex europaeus L.), friesisch „Hollepurter“, zum Dünenschutz kultiviert und verwildert dann auch gelegentlich, z. B. auf Sylt, Föhr, Amrum, Norderney und Borkum. — Jedenfalls aus früherer Kultur stammend, befindet sich in den Dünenpflanzungen der kurischen Nehrung ein kleiner Restbestand von Populus balsamifera L. und vereinzelt P. alba L., die aber gegenüber den anderen Holzarten verschwinden. Aus einem früheren Kulturversuch stammt zweifellos auch Elaeagnus argentea Pursh aus Nordamerika auf der Nordspitze der kurischen Nehrung, unweit des Sandkruges, und in der Nähe des Begräbnisplatzes nördlich von Cranz her, doch ist es namentlich am letzteren Orte nicht ausgeschlossen, dass dieser Strauch vielleicht nur zur Zier angepflanzt war und nachher verwilderte. Auffallend ist der Umstand, dass diese öfter als Zierstrauch gepflanzte Spezies starke Ausläufer bildet und daher dem Zwecke, lose Sandmassen zu festigen, sehr gut entsprechen möchte, selbst wenn sie nicht in dieser Absicht ursprünglich gepflanzt worden ist. Wer jemals die Nordspitze der kurischen Nehrung besucht und sich in der Umgegend des Sandkruges die Vegetation angesehen hat, dem kann unmöglich das dort subspontan vorkommende „Schleierkraut“, Gypsophila paniculata L., entgangen sein. Diese gärtnerisch nicht selten kultivierte Silenacee besitzt sehr starke, tief hinabreichende Wurzeln, und es ist zu vermuten, dass sie von der Memeler Bürgerschaft vielleicht vor vielen Jahren zur Festlegung des Flugsandes angepflanzt worden ist, denn Bezzenberger weist darauf hin, dass die Memeler Bürger alles aufboten, um den Strand vor Versandung zu schützen. Nun kann G. paniculata bei Memel kaum ein Garten-

flüchtling sein, denn Dr. Knoblauch hat sie 1884 nicht nur am Sandkruge, sondern auch in der Plantage am Leuchtturm bis zur „holländischen Mütze", ja sogar noch bei Immersatt festgestellt. Schon aus dieser ungewöhnlich grossen Verbreitung ist zu entnehmen, dass diese Pflanze dort kultiviert worden sein mag*), wenn sie nicht einheimisch war; oder sollte sie sich spontan von den ehemaligen Ballastplätzen Memels verbreitet haben? Letzteres hätte nur in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts geschehen können, denn in der ersten Hälfte war diese Pflanze dort noch unbekannt, trotzdem gewissenhafte Beobachter wie Kannenberg und Kremp dort botanisiert haben. Es muss dahingestellt bleiben, ob die wenigen, sonst aber kräftigen Exemplare von Ligustrum vulgare in den Dünenwaldungen bei Widow, Kreis Putzig, Westpreussen, wo ich sie 1883 sah, und wo sie wiederholt auch von v. Klinggraeff II und Gräbner beobachtet wurden, wirklich wild sind oder etwa durch Vögel dorthin verschleppt sein könnten, da von einem Kulturversuch wohl keine Rede sein kann. Diese kleinen Bäumchen oder Sträucher machten völlig den Eindruck der Spontaneität. Freilich ist L. vulgare auch fernab von menschlichen Wohnungen im Binnenlande beobachtet worden. Es erscheint zweckmässig, die Beschreibungen einiger wichtiger Kulturpflanzen schon hier zu bringen.

§ 13.

Fam. Gramineae, echte Gräser. Es sind Windblütler mit unscheinbaren Blüten, die zu kleinen Gruppen vereinigt, die Aehrchen, und diese wieder entweder grössere Gruppen, die Aehren, zusammensetzen oder einzeln den rispigen Blütenstand bilden. Die Blütendecken und Hüllen sind zur Blütezeit weit auseinanderklaffend und die Antheren an feinen Staubfäden aus den Blütenhüllen heraushängend, damit der Wind den Blütenstaub leicht fortführen und von Blüte zu Blüte tragen kann. Der Aufriss eines dreiblütigen Aehrchens besteht nach Abb. 120 aus den Teilen a, Spindel als Achsenorgan, an welchem sich zu unterst 2 Hüllspelzen h befinden. Die Blüten besitzen eine Deckspelze d, in deren Achsel der Blütenspross entspringt, und gegenüber der Deckspelze, mit dem Rücken der Spindel zugekehrt, die Vor- oder Blütenspelze v, auf welche die beiden Perigonblätter oder Saftschuppen

*) Nyman giebt in seinem Conspectus Fl. europ. S. 99 für Gypsophila paniculata folgende geographische Verbreitung an: Mähren, Oesterreich, Ungarn, Transsylvanien, Moldau, Serbien, Süd- und Mittel-Russland. Lehmann erwähnt sie in seiner Fl. v. Polnisch-Livland S. 364 als eine durch den Verkehr eingeschleppte Pflanze, die auch bei Riga, in Litauen bei Grodno, Minsk, Pinsk, Mosyr, Sloboda und Mohilew beobachtet worden ist. Wahrscheinlich mit Getreide aus dem südöstlichen Russland wandernd, aber bei Dünaburg fernab von Bahnhöfen und anscheinend wild.

(lodiculae) p folgen. Das Andröceum, (Staubblattkreis oder der Kreis der männlichen Blütenteile) ist meist dreigliedrig, während das Gynäceum oder der Fruchtblattkreis stets eingliedrig ist und zu einer einsamigen Schliessfrucht heranreift. Auf dem Grundriss (Abb. 121) wird ein zweiblütiges Aehrchen dargestellt. Die Buchstaben besitzen dieselbe Bedeutung wie bei Abb. 120. Der Stengel ist hohl, rund und mit Knoten versehen. Die linealen Blätter sind unterwärts scheidenartig



Abb. 120. Aufriss eines dreiblütigen Grasährchens.
(Nach Kienitz-Gerloff wie die folg. Abb.)

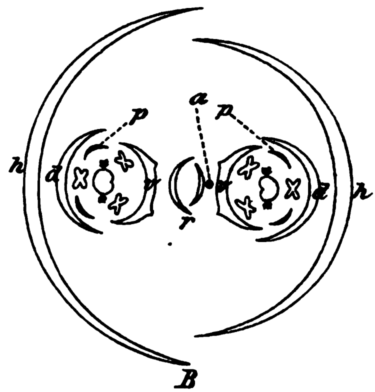


Abb. 121. Grundriss eines dreiblütigen Grasährchens.

entwickelt. Die Scheiden umschliessen gewöhnlich den Halm recht eng und tragen an ihrer Spitze meist ein charakteristisches Blatthäutchen (ligula) und die lineale Spreite des Grasblattes. Ueber den anatomischen Bau desselben ist weiter oben ausgesagt worden.

Bei den Gramineen der Dünen sind 2 Gruppen zu unterscheiden:

a) Die Aehrchen befinden sich an kürzeren oder längeren Stielen und bilden entweder eine ährenförmige oder stark ausgeprägte Rispe.

Hierher gehört die Unterfam. der Agrostideae, mit einblütigen Aehrchen und den Pflanzen Ammophila arenaria (§ 14), Ammophila baltica (§ 15) und Calamagrostis epigea (§ 16) u. A.

b) Die Aehrchen befinden sich in zwei Reihen, die an der Spindel einander gegenüber stehen.

Hierhin gehört die Unterfam. der Hordeae mit Elymus arenarius (§ 17).

§ 14.

Ammophila arenaria Lk. (Psamma arenaria Röm. et Schult.) Strandhafer, Helm, Sandrohr. (Abb. 122). Die grünliche oder strohfarbene Rispe ist länglich walzenförmig nach beiden Enden verschmälert, ährenförmig, die Hüllspelzen lanzettlich einnervig, derb mit schärflich behaartem Mittelnerv, etwas länger als die Deckspelzen. Deckblätter lanzettlich unbegrannt, an der Spitze leicht ausgerandet, am Grunde mit einem Haarkranz, der etwa $^1/_3$ oder $^1/_4$ der Deckblattlänge erreicht. Die Caryopse ist etwas keulenförmig, schmal und nur wenige mm lang. Die reichblütige Rispe öffnet sich auch während der Blütezeit nicht, die auf der kurischen Nehrung im Juli eintritt und bis zum August währt. Die Früchte reifen Ende August und September.

Die ganze Pflanze ist graugrün mit bläulichem Anfluge, erreicht bis 1 m Höhe und ist nicht selten niedriger. Die schmalen Blätter sind meist zusammengefaltet und kehren die grüne, sehr widerstandsfähige Unterseite nach aussen, besonders gegen den Wind. Die Blattoberseite kommt nur bei bedecktem Himmel und feuchter Witterung zum Vorschein. Sie besitzt eine graugrüne Farbe, ist von scharf hervortretenden, kurz und dicht behaarten Nerven umgeben. In den Vertiefungen befinden sich Spaltöffnungen. Im Innern der Spreite ist ein mechanisches Gewebe, bestehend aus Sclerenchymplatten, stark entwickelt. Das Blatthäutchen ist lang und gabelig gespalten. Die den Halm eng umfassenden Scheiden sind schön violett oder dunkelpurpurrot gefärbt. Der Grundstock ist sehr lang, weit verzweigt, und die Zweige sind meist steil hinaufgehend. Ausläufer finden sich sehr unregelmässig, gehen aber viele Meter weit durch den Sand und besitzen an ihrer Spitze eine 1 cm lange stechende Schuppe. Der blühreife Stengel verzweigt sich am Grunde büschelförmig und bildet charakteristische Rasen oder Köpfe, die am deutlichsten hervortreten, wenn sie vom Winde ausgeweht werden und dann der Sandfläche aufliegen. Werden diese Rasen vom Dünensande wiederum bedeckt, so entwickeln sich die oberwärts gelegenen Aeste zu blühbaren Sprossen.



Abb. 122. Ammophila arenaria.
a. Rispenzweig, b. Aehrchen, bei c zerlegt, d. Vorspelze, e. Staubblatt u. Stempel nebst den Blütenhüllblättern (lodiculae). (Nach Garcke.)



Abb 123.
Ammophila baltica.
Blütenrispe (3/4).
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz).

A. arenaria kommt vorzugsweise auf Dünen am Strande, seltener im Binnenlande vor. Sie gedeiht nur im Flugsande gut und verkümmert bei ruhender Sandoberfläche. — Die Gattung Ammophila Host unterscheidet sich nur durch unwesentliche Merkmale (Länge der Hüllblätter, unbegrannte Deckblätter, ährenförmige Rispe) von der Gattung Calamagrostis Adanson und es wäre wohl richtiger, sie zu dieser letzteren Gattung als Untergattung zu stellen, wie es bereits Roth gethan hat, dem auch Ascherson und Graebner folgen. Es wäre in diesem Falle Calamagrostis arenaria (L.) Roth zu schreiben.

§ 15.

Ammophila baltica Lk. Mit C. epigea, die in den Dünen ebenfalls vorkommt, bildet der Strandhafer einen charakteristischen Bastard, der als A. baltica Lk. bekannt und an den deutschen Küsten weit verbreitet ist, vermutlich deshalb, weil er mit A. arenaria mitverpflanzt wird. (Abb. 123.) Die gelappte Rispe der A. baltica ist nicht mehr ährenförmig zu nennen, weil die Aehrchenstiele sich deutlich verlängert haben. Auch sind die Spelzen zur Blütezeit etwas geöffnet, wenn auch nicht so weit als bei Calamagrostis epigea. Die Hüllspelzen sind etwas schmäler, an der Spitze pfriemenförmig und meist rötlich oder braunrötlich angeflogen. Die Deckspelzen sind kürzer als die Hüllspelzen, oben tief ausgerandet und am Ausschnitt mit einer kurzen starren Granne versehen, die vom Rücken der Deckspelze entspringt. Sie überragt nur wenig die ausgerandeten Spitzen der Deckspelze. Die am Grunde der Deckspelze entspringenden Haare der Blütenachse erreichen die Hälfte der Deckspelze oder sind ein wenig länger. Die Frucht schlägt stets fehl. Die Blätter der A. baltica sind nicht so fest geschlossen wie bei A. arenaria, obgleich sie noch mehr als bei Calamagrostis epigea eingerollt sind. Sie stimmt sonst in vieler Hin-

sicht mit A. arenaria überein, ist aber schon von weitem an den rötlichen oder bräunlichen, etwas gelappten Rispen zu erkennen. Sie kommt mitten unter den Beständen der A. arenaria vor, entweder vereinzelt oder kleine Gruppen bildend. Es kann keinem Zweifel mehr unterliegen, dass A. baltica einen Bastard der A. arenaria mit Calamagrostis epigea (L.) Roth vorstellt. Schon die zum Teil mangelhafte Entwickelung der Antheren und der in ihnen vorkommenden Pollenkörner, vor allem aber das Fehlschlagen der Früchte und die Mittelstellung zwischen den Stammarten in morphologischer Hinsicht sprechen

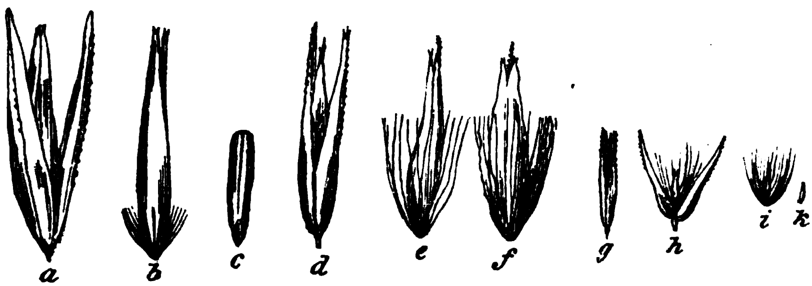


Abb. 124. Blüten und Früchte von Ammophila arenaria a—c, A. baltica d—f, Calamagrostis epigea g—k.

dafür (vergl. Abb. 124 a—k), desgleichen ihr Auftreten an Standorten, die meist beide Stammarten ebenfalls enthalten. Es liegt in der Natur der Bastarde, dass sie meist formenreicher als die Arten zu sein pflegen, indem sie Nachkommen zweier Species sind. In dem einen Falle wird es also Exemplare von A. baltica geben, die sich mehr A. arenaria durch die Rispenform und Struktur der Blütenteile nähern, während wieder andere Exemplare der Calamagrostis epigea gleichen. Jedoch ist die ersterwähnte Form der A. baltica, die auch als fr. subarenaria von Marsson bezeichnet worden ist, häufiger als die fr. subepigea. Letztere besitzt eine breitere Rispe, schmälere und spitzere, auch kürzere Hüllspelzen, länger begrannte Deckspelzen und entsprechend der Calamagrostis epigea auch längere Haare. Diese Form ist sehr selten.

§ 16.

Calamagrostis epigea (L.) Roth. (Arundo Epigeios L.) **Schilf.** Zum Vergleich mag auch die Beschreibung der im Bereich der Dünen vorkommenden, nicht besonders kultivierten, häufig wild wachsenden

Calamagrostis epigea (L.) Roth, Landrohr, Schilf erfolgen. Dieses Gras ist nicht allein auf die Dünen beschränkt wie die erwähnten. Es findet sich auch auf Sandboden des Binnenlandes, wo es in grösseren und kleineren Beständen gedeiht. Die offene, steif-aufrechte Rispe ist geknäuelt gelappt. Die Hüllspelzen sind schmal lanzettlich, allmählich in eine pfriemenförmige, seitlich zusammengedrückte Spitze ausgezogen. Die untere Hüllspelze ist etwas länger als die obere. Der Mittelnerv ist rauh. Die Deckspelze ist viel kürzer als die Hüllspelzen; sie führt ungefähr in der Mitte oder etwas höher eine feine gerade Granne, die in den langen, vom Blütengrunde (e) entspringenden Haaren verborgen ist, da sie die Länge derselben nicht erreicht. Die Haare sind länger als die Deckspelze, aber kürzer als die Hüllspelzen. (Abb. 124 g, h.) Letztere sind meist bläulich-oder bräunlichrot, welche Färbung sich auch stets auf Ammophila baltica vererbt. Die Blätter sind flach, lang zugespitzt und wie die ganze Pflanze mattgrün. Es ist ein starkes schilfartiges Gras mit unterwärts verästeltem Stengel und regelmässi-

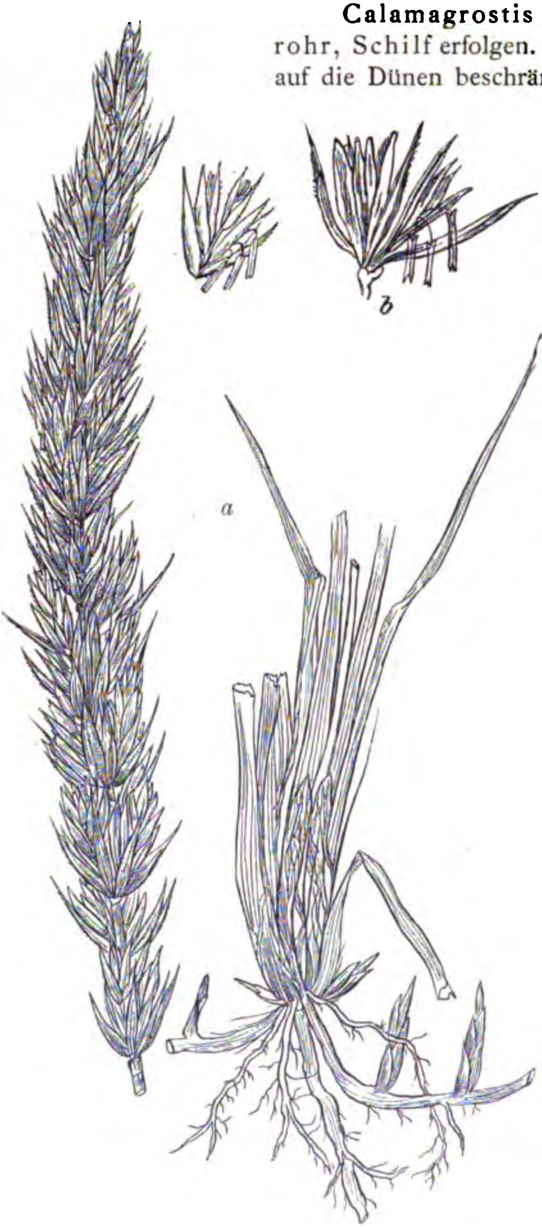


Abb. 125. Elymus arenarius L.
Unterer Teil und Aehre der Strand- oder Sandgerste nebst Blütenährchen. b. Blütenährchen nebst Spindelzahn.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

gem Wechsel von Ausläufern und Laubsprossen. Die Ausläufer sind nur bis 15 cm lang, und indem sie sich mit der Spitze aufwärts krümmen, durchbohren sie den Boden und wachsen zu Laubsprossen aus. Selten sind die untersten Scheiden behaart. C. epigea pflegt auf der weissen Düne nicht vorzukommen, sondern bevorzugt die graue Düne, besonders die hinter der Vordüne am Rande der Holzpflanzung belegenen, feuchten Partieen.

§ 17.

Elymus arenarius L. (Hordeum arenarium Aschers.) Strand- oder Sandgerste, blauer Helm, Strandroggen. (Abb. 125 a u. b.) Die kräftige, dicke, namentlich am Grunde etwas lockere Aehre ist wie der dicke Halm steif aufrecht und führt an jedem Zahn der Spindel 2—4 Aehrchen. Letztere sind mehrblütig. Die Hüllspelzen sind schmallanzettlich und lang zugespitzt, fast von der Länge der unbegrannten Deckspelzen und wie diese kurzzottig behaart, nur bei alten Exemplaren verkahlend. Ihre Farbe ist fast stets grau oder blaugrün wie die übrigen Organe der Strandgerste. Die zähe Spindel wird von einem Endährchen abgeschlossen. Die unteren und oberen Aehrchen stehen paarweise, die mittleren jedoch zu 3 oder sehr selten zu 4 beisammen. Die oberste Blüte des Aehrchens ist durch Verkümmerung des Gynäceums männlich. Die Strandgerste ist ausgezeichnet durch ihre breiten, mit einem kurzen Blatthäutchen versehenen, blaugrauen Blätter, die sich auch bei trockenem Wetter nicht einrollen und von einer Wachsschicht bedeckt sind. Jedoch erfolgt die Einrollung abgeschnittener Blätter auch bei trüber Witterung sehr bald. Dieses Gras bildet meist kleine Horste, die bereits von weitem zu erkennen sind. Die breiten Blätter der Strandgerste besitzen nicht die Fähigkeit, ihre Unterseiten dem Winde entgegenzurichten, und die unteren Scheiden umschliessen auch nicht so enge den Halm wie beim Strandhafer (Abb. 121). Dagegen ist Elymus arenarius durch reichliche Ausläuferbildung ausgezeichnet. Die langen und starken bis 4 mm Durchmesser zeigenden Ausläufer entspringen reichlich meist aus den Achseln grundständiger Niederblätter der emporwachsenden Laubsprosse. Recht oft bilden sie Seitentriebe, die sich ebenfalls zu Laubsprossen entwickeln. Nach Buchenaus Untersuchungen sterben die diesjährigen Laubblätter der Strandgerste im Herbst ab, wodurch im Wachstum der Pflanze eine regelmässigere Abwechslung der Lebenserscheinungen bedingt wird.

Nach Ascherson und Graebner (Flora des nordostdeutschen Flachlandes S. 126) bildet die Gattung Elymus L eine Untergattung

von Hordeum, von der sie sich nur durch unwesentliche Merkmale unterscheidet.

§ 18.

Fam. **Cyperaceae, Schein-** oder **Halbgräser**. Stengel meist schartkantig und voll. Blüten gewöhnlich dreimännig in den Achseln von Deckspelzen, ährchen- oder ährenartige Blütenstände bildend, die eine rispen- oder kopfförmige Anordnung zeigen können. Die schmalen Blätter mit geschlossenen Scheiden.

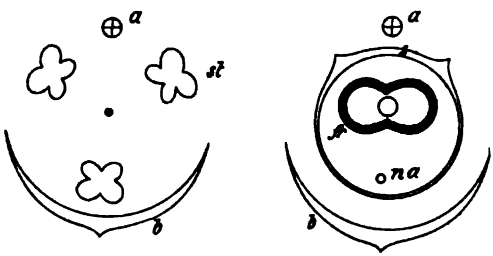


Abb. 126 u. 127. Carex. Diagramm einer männlichen Blüte und einer weiblichen Blüte.
a. Achse; b. Deckblatt; st. Staubblätter; s. Schlauch; na. rudimentäre Nebenachse; fr. Frucht.
(Nach Kienitz-Gerloff.)

Unterfam. Cariceae. Die Blüten meist mit getrennten Geschlechtern. Die Pflanzen meist einhäusig. Die männliche Blüte (Abb. 126) führt in der Achsel des Deckblattes (b) drei Staubblätter. Die Aehrchen mit männlichen Blüten sind entweder eingeschlechtig oder an der Spitze, nicht selten auch am Grunde weiblich und sind in diesem Falle Scheinährchen. Die weibliche Blüte repräsentiert ein Aehrchen 2. Ordnung, und die weiblichen Blüten bilden daher ein zusammengesetztes Aehrchen oder ein Scheinährchen, das von männlichen Blüten unterbrochen sein kann. Speziell bei der Gattung Carex sind die Aehrchen 2. Ordnung (oder die weibliche Blüte) (Abb. 127) einblütig. Die Achsenspitze des Aehrchens 2. Ordnung ist meist rudimentär (na). Das Tragblatt der weiblichen Blüte ist zu einem zweikieligen Schlauch verwachsen (s), der die Frucht (fr) umhüllt und mit dieser zusammen abfällt. Der fadenförmige Griffel tritt an der Schlauchöffnung heraus und führt 2 oder 3 federige Narben.

§ 19.

Carex arenaria L., Sand-Segge. (Abb. 128.) Aehre zuweilen am Grunde schwach rispig. Die Aehrchen gehäuft bis 10 und mehr, die oberen männlich, die mittleren nur an der Spitze männlich, am Grunde weiblich und die unteren rein weiblich, länglich eiförmig bis lanzettlich. Die Deckblätter bräunlich mit grünem Mittelnerv und weisshäutigem Rande. Die Schläuche mit fein gesägten, breiten Kielflügeln, die erst etwas unter der Mitte des Schlauches hervortreten. Die unteren Tragblätter laubartig, in eine feine Spitze auslaufend. Der

Stengel ist scharf dreikantig, oberwärts rauh und überragt meist nur wenig die derben, schmalen, rinnigen, meist zurückgekrümmten Blätter.

Die Sandsegge treibt wagerecht unter der Erde mehrere Meter weit hin streichende Wurzelstöcke, die Scheinachsen (Sympodien) vorstellen, wie eingangs bereits erwähnt worden ist. Durch die Wurzelbildung und Verzweigung vermag sie den losen Sand zu binden, was bereits frühe erkannt worden ist und auch praktische Verwertung geunden hat.

§ 20.

Coniferae, Nadelhölzer. Fam. **Abietaceae.** Tannen. Von Holzgewächsen werden kultiviert vor allem einige Nadelholzarten. Sie ge-



Abb. 128. Carex arenaria L. Rhizom. Links ein Blütenstand. (3/4.)
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

hören zur Klasse der Coniferen, die im sekundären Holz keine Gefässe führen, wohl aber Tracheïden. Die Blätter sind bekanntlich bei den in Betracht kommenden Arten nadelförmig. Die eingeschlechtigen Blüten treten über die Hochblätter hervor. Meistens fehlt eine Blütenhülle, oder dieselbe ist hochblattartig entwickelt. Sie führen viele (bis 15) freie Keimblätter.

Fam. Abietaceae. Alle Blattorgane in spiraliger Anordnung. Die Blätter oft einzeln, bis zu mehrnadligen Büscheln oder mehrzähligen Wirteln vereint. Bei den in Betracht kommenden Arten jedoch einzeln oder paarig. Einhäusige, immergrüne Bäume mit holzigen Zapfen.

Unterfam. Abieteae. Tannen und tannenartige Hölzer. Weibliche Blüte mit Deck- und Fruchtschuppen, oder Fruchtblätter, die deutlich

unterschieden werden können, obgleich erstere oft klein sind. An der Fruchtschuppe befinden sich zwei stets umgewendete oder rückwärts gerichtete, seitlich ansitzende Samenanlagen. Die Antheren führen zwei Staubbehälter, die einen mit Flugblasen versehenen Pollen enthalten.

§ 21.

Pinus, Kiefer. Gattung Pinus: Mit schuppenführenden Lang- und seitlichen Kurztrieben, die paarige, am Grunde von einer häutigen Scheide umschlossene Blätter entwickeln. Die Blätter sind nadelförmig, halbstielrund (selten dreikantig oder stielrund). Die männlichen Blüten befinden sich am Ende vorjähriger Triebe unterhalb der Endknospe büschelig gehäuft. Die Staubblätter sind sehr zahlreich, fast stets gelb, selten rötlich. Die weiblichen Blüten befinden sich an der Spitze junger Triebe entweder einzeln oder zu mehrzähligen Wirteln gehäuft und stehen stets aufrecht. Die Deckblätter sind kürzer als die dicken Fruchtblätter und verschwinden später oft gänzlich. Letztere stehen von der Spindel wagerecht ab und besitzen eine aufwärts gerichtete Spitze Sie tragen an ihrem Grunde auf den oberen Randflächen die beiden Samenanlagen.

Die Fruchtzapfen stehen horizontal oder abwärts gerichtet, obgleich sie im Jugendzustande meist aufrecht waren. Die Zapfenschuppen schliessen bis zur Reife fest zusammen, sind an ihrer Spitze meist verdickt und endigen auswärts mit einem scharf abgegrenzten, rautenförmigen Schild, der Apophyse, die durch eine erhabene Querlinie in ein oberes und ein unteres Feld geteilt wird. In der Mitte derselben befindet sich meist eine stechende Spitze oder ein Buckel, der als der Nabel bezeichnet wird. Die Samen besitzen meist einen dünnen, schmalen, länglichen Flügel, welcher den Samen von der Spitze her umgiebt oder ihm gabelförmig aufsitzt.

Die doppeltnadligen, hier in Betracht kommenden Kiefern lassen sich auch nach folgenden Merkmalen unterscheiden:

1. Harzgänge der Blätter an der Epidermis mit starker Sklerenchymscheide und die Blätter nur 5—6 cm lang.

a) Blätter auf der flachen (inneren) Seite grau, auf der runden (äusseren) Seite grün, ohne Sklerenchymzellen unter der Epidermis. Harzgänge zu zehn und mehr im Blatte. Epidermiszellen klein mit verschwindend kleiner punktförmiger Zellhöhle. Mit vielen dickwandigen Sklerenchymzellen (mechanisches Gewebe) zwischen den Gefässbündeln. Pfahlwurzel meist vorhanden. — Zapfen kurz, aber deutlich gestielt und hängend, langeiförmig zugespitzt, grau und

matt. Rinde in den oberen Regionen des Stammes gelbrot, sich häufig in papierartigen Fetzen ablösend, unterwärts grau und bald in tiefrissige Borke übergehend: P. silvestris L.

b) Blätter auf allen Seiten meist gleichmässig grün und glänzend. Epidermiszellen dickwandig, auf dem Blattquerschnitt fast zweimal so hoch als breit (der radiale Durchmesser fast zweimal so lang als der tangentiale) und die Zellhöhle vielfach strichförmig. Das sklerenchymatische Gewebe zwischen den Gefässbündeln nur gering ausgebildet und die sklerenchymatischen Zellen meist mit dünneren Wänden. — Pfahlwurzel meist fehlend. Zapfen meist sehr kurz oder gar nicht gestielt, zuletzt wagerecht abstehend, kurz eiförmig bis kegelförmig, meist braun und glänzend, mit einem schwarzen Ring um den hellaschgrauen oder braunen Nabel. Rinde dunkel, nicht querrissig, auch nicht abschülfernd: P. montana Mill.

2. Harzgänge im Parenchym der Blätter. Letztere viel länger als bei den vorigen, meist 10—16 cm lang und wie bei b gleichfarbig.

c) Epidermiszellen dickwandig, auf dem Blattquerschnitt quadratisch mit ebensolcher oder rundlicher Zellhöhle. Mechanische Zellen unter der Epidermis in mehreren Schichten, aber zwischen den Gefässbündeln fehlend oder nur wenige unterhalb derselben. Pfahlwurzel gering entwickelt. Zapfen sitzend, horizontal abstehend oder schief abwärts gerichtet, eikegelförmig, scherbengelb und glänzend, obere und mittlere Apophysen mit scharfem Querkiel. Rinde nur an jungen Stämmen glatt, an älteren tief rissig und borkig: P. Laricio Poir. b. austriaca Endl.

§ 22.

Pinus silvestris L. Gemeine Kiefer, volkstümlich „Fichte" (Abb. 129). An der Seeküste in einer von der Hauptform abweichenden Varietät, die auch als „Strandkiefer" bezeichnet wird. Sie weicht von der Kiefer des Binnenlandes durch minder hohe, vielfach gewundene und gekrümmte, sonst starke Stämme ab, die sich meist sperrig verästeln und zur Gabelbildung neigen. Sie erreichen selten die Höhe von 20 m. Die Zweige sind meist nur an der Spitze beblättert, und da die Blätter dicht stehen, so machen die Zweige einen struppigen Eindruck. Die Krone ist umfangreich, aber sehr unregelmässig und

zerrissen. Sehr auffallend sind die Zapfen (Abb. 130), die auf der Lichtseite meist lange, hakig rückwärts gekrümmte Apophysen besitzen, besonders am Grunde und in der Mitte des Zapfens, der dadurch stark ungleich wird, ähnlich wie die fr. reflexa Heer, die auf den Hochmooren des Kantons Bern beobachtet worden ist. Seltener sind Zweige mit dreinadligen Kurztrieben zu finden. Von der folgenden, viel angepflanzten Art unterscheidet sie sich u. a. durch ein graugrünes Aussehen schon von weitem.

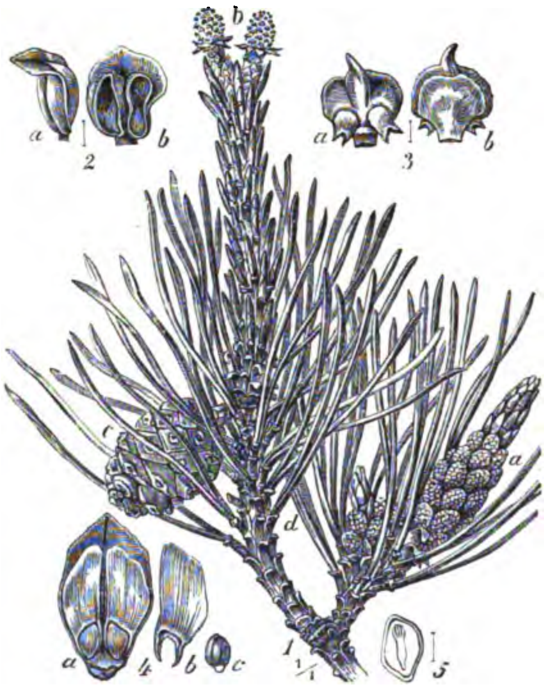


Abb. 129. Pinus silvestris

Fig 1. Blütenzweig mit männl. Blüten bei a, und mit weibl. Blüten bei b; c) Zapfen; d) Blattpaare der Kurztriebe; 2. a Staubblatt von der Seite; b) von vorn. 3. a Fruchtblatt von vorn (oben); b) von hinten (aussen). 4. a Fruchtschuppe mit zwei geflügelten Samen; b) Samenflügel allein; c) Same allein. 5. derselbe im Längsschnitt mit dem Embryo. (Nach Wossidlo.)

§ 23.

Pinus montana Mill. **Bergkiefer.** Meist strauchig und eine von unten auf dichte Krone bildend, seltener auch als kleiner Baum. Die Verästelung beginnt nahe über dem Boden, wobei die Aeste anfangs wagerecht abstehen und mit den Spitzen erst bogig aufwärts gerichtet sind. Bei baumartiger Tracht bilden die Aeste eine pyramidenförmige Krone und sind weniger weit wagerecht abstehend. Die harzigen Knospen sind langeiförmig und hell, fast weisslich, während die Deckschuppen hellrot sind. Die Nadeln sind meist gleichmässig dunkelgrün und glänzend, stumpfspitzig, dick und starr, seltener 2 cm, gewöhnlich 4—5 cm lang (Abb. 131).

Die männlichen Blüten sind walzenförmig, gewöhnlich gelb, seltener rötlich angeflogen und deutlich gestielt (Abb. 132a). Der Antherenkamm ist in der Mitte eingeschnitten und am Rande gezähnt. (Abb. 132b).

Die weiblichen Blüten stehen meist in Wirteln aufrecht, und ihre Deckblätter überragen die Fruchtblätter (Abb. 132c). Die reifen Zapfen sind äusserst kurz gestielt, fast sitzend; im übrigen sind sie aufrecht oder wagerecht abstehend, auch schräg nach unten gerichtet. Ihre Länge entspricht ungefähr derjenigen der Nadeln und ist ebenfalls schwankend. Besonders die Apophysen sind sehr formenreich. In den Dünenanpflanzungen kann man unschwer eine Anzahl von Formen nach der Gestaltung der Apophysen feststellen. Die Farbe der reifen Zapfen ist etwa chokoladenbraun oder scherbengelb bis rotbraun, glänzend. Die Samen besitzen einen zwei- bis dreimal längeren Flügel (Abb. 132d).



Abb. 130. Pinus silvestris L. Zapfen der Strandform. (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Die Bergkiefer besitzt einen grossen Formenkreis. Die hier in Betracht kommenden Abänderungen sind nach den Zapfenformen folgende: a) uncinata Rchb. mit mehreren Formen und b) Pumilio Haenke, doch ist die erstere bei weitem häufiger und unter dem Namen „Hakenkiefer“ fast allgemein bekannt. Andere Namen sind für diese Varietät nach Willkomm „Sumpfkiefer“ (im Erzgebirge und Schlesien), Moorföhre (Fichtelgebirge), Moorkiefer, fichteneKiefer, Sumpfferche (Böhmerwald, Südböhmen), Löwenferche, Lehnfarre, Rotfuhre, Zwergföhre, Legföhre, Krummholz, Knieholz (Schwarzwald, Vogesen), Latsche, Lackeren, Zundern, Tüfern (Bayerische und Schweizer Alpen), Spirke, Spirtenholz (Tirol).



Abb. 131. Pinus montana. Kurztrieb mit einem Blattpaare. (Originalzeichnung d. Verf.)

§ 24.

a) **uncinata** Rchb. **Hakenkiefer.** (Abb. 133.) Zeichnet sich durch sehr ungleichseitige Zapfen aus, indem die Apophysen auf der Lichtseite derselben meist sehr stark entwickelt sind, besonders von der Mitte bis zum Grunde. Die Apophysen sind hier mehr oder weniger vorgezogen und hakenartig nach dem Zapfengrunde zurückgekrümmt. Zum Formenkreise der var. uncinata gehört: 1. rostrata Ant. (Abb. 134) mit kegelförmigen Zapfen, schnabelförmig langen, vierkantigen, rückwärtsgeneigten Apophysen

und deutlich hervorragendem Nabel; ferner 2. rotundata Ant. et Endl. (Abb. 135) mit eikegelförmigen oder kurzeiförmigen, fast rundlichen Zapfen und Apophysen, die nach dem Zapfengrunde geneigt sind,

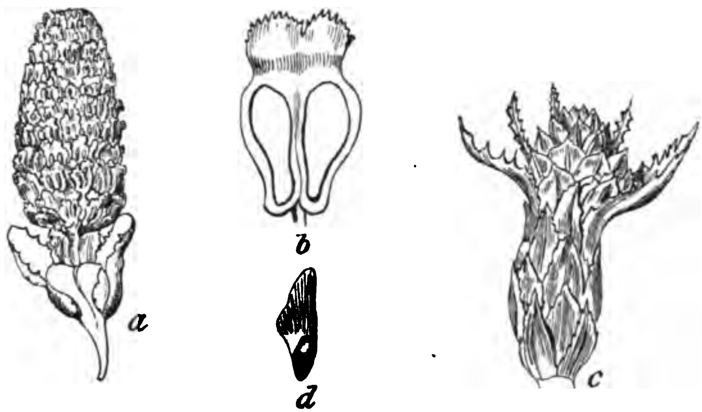


Abb. 132. Die Blüten der Pinus montana.
a) männliche Blüte; b) Staubblatt; c) weibliche Blüte; d) Samen mit Flügel.
(Originalzeichnung d. Verf.)

aber deren Höhe kürzer als die Grundfläche ist; oft ist jedoch nur das Oberfeld der Apophyse stark konvex und zurückgekrümmt.

Mehrere Unterformen gehören hierher. So z. B. fr. gibba Willk. mit verschieden gefärbten bis 4 cm langen Zapfen, mit stark kapuzenförmig gewölbtem Oberfelde der Apophysen mit konvexem oder eingedrücktem, stumpfem bis stachelspitzigem Nabel. In der strauchartigen Form bildet sie Uebergänge zur var. Pumilio und wurde wild beobachtet auf dem Erz- und Fichtelgebirge, sowie im bayerischen, Böhmer- und Schwarzwald, Oberfranken, Südböhmen, Mähren, Schlesien, Galizien, Siebenbürgen, Alpen, Oberbayern, Jura und auf den Vogesen.



Abb. 133. P. montana Mill. var. uncinata Zapfen.
(Nach London.)

Ferner fr. mughoides Willk. mit zimmetbraunen oder scherbengelben Zapfen, die bis 5,4 cm lang sein können. Bei dieser Form ist das Oberfeld der Apophysen auf der Lichtseite des Zapfens (wie in den vorher erwähnten Fällen) nur wenig oder kurz buckelförmig und nur in der Mitte hervor-

ragend, während die Apophysen auf der Schattenseite des Zapfens völlig abgeplattet sind. Der stachelspitzige Nabel ist meist einwärts gekrümmt oder eingedrückt. Diese Form bildet den Uebergang zur var. Mughus und kommt vor auf dem Fichtelgebirge im südlichen Böhmen sowie auf dem Schwarzwald und auf den bayerischen Alpen.

Zum Formenkreise der var. uncinata gehört auch fr. pseudo-pumilio Willk. mit kleinen, eiförmigen, höchstens 2,5 cm langen, braunen, auch reif abwärts gerichteten Zapfen. Die Apophysen der Lichtseit ebesitzen kaputzenförmig hervorstehende Oberfelder, die höher als die vorgebauchten Unterfelder sind. Der Nabel ist gross, sonst aber wie bei fr. mughoides. Bildet den Uebergang zur var. Pumilio und findet sich im Erzgebirge, Südböhmen und Oberbayern.



Abb. 134. P. montana. b. uncinata Rchb; 1. rostrata Ant. Reifer Zapfen.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)



Abb. 135. P. montana. b. uncinata 2. rotundata Ant. Reifer Zapfen.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)



Abb. 136. P. montana. c. Pumilio Haenke. Reifer Zapfen.
(Originalzeichnung des Verfassers.)

§ 25.

b) Pumilio Haenke, **Zwergkiefer,** Krumm- oder Knieholz (Abb. 136), besitzt auch an der Lichtseite gleichmässig ausgebildete, eiförmige oder auch rundliche, stumpfe, fast sitzende Zapfen, die bis zur vollkommenen Ausbildung schräg aufrecht stehen, aber zur Reifezeit sich horizontal neigen oder abwärts richten. Sie zeigen lange einen violetten oder bräunlichen Anflug. Die Apophysen sind überall gleich, besitzen ein konvexes Ober- und schwach konkaves Unterfeld, sowie einen eingedrückten, unterwärts excentrisch gelegenen Nabel.

Hierher gehören ebenfalls mehrere Formen, die jedoch vielfach in einander übergehen und ebenso mit denjenigen der vorigen Varietät durch Uebergänge verbunden sind.

Es ist wohl erklärlich, dass diese meist auf deutschen Gebirgen beobachteten Formen auch in den Dünenkulturen auftreten, da

die Samen ursprünglich von den Exemplaren deutscher Gebirgsgegenden, insbesondere von Oberbayern, bezogen worden sind. Jedenfalls sind mehrere Formen zugleich in Kultur genommen worden. Andrerseits scheint die Form der Zapfen, insbesondere die Gestalt der Apophysen einem grossen Wechsel unterworfen zu sein. Wenn man auf diesen Gegenstand weiter achten wollte, so würden vielleicht auch auf den Dünen die meisten von Willkomm beschriebenen Formen der Bergkiefer angetroffen werden, Auffallend kurznadlige Formen wurden unter normalen Exemplaren auf der kurischen Nehrung bei Cranz beobachtet. Auf einem exponierten Standorte, wie z. B. auf den Bruchbergen bei Rossitten auf der kurischen Nehrung bleiben die Exemplare sehr niedrig und breiten ihre Aeste namentlich am Grunde weit aus. Recht ansehnliche Exemplare befinden sich dagegen bei Cranz, Nidden, Memel, Neuhäuser und auf der frischen Nehrung südlich von Neutief. Die baumartigen Exemplare der Hakenkiefer unterscheiden sich von entsprechenden Stämmen der gemeinen Kiefer schon durch die dunkelgrünen Kronen sowie durch die dunklen, nicht rissig borkigen Stämme.



Abb. 137. Pinus austriaca. Blattpaar. 1/1.

§ 26.

Pinus Laricio Poir. **b) austriaca** Endl. **Schwarzkiefer.** Stattlicher Baum mit pyramidaler Krone und schlankem Stamm. Die jungen Stämme und Aeste sind glatt berindet, braun, später wird die Rinde besonders unterwärts rissig, borkig und dunkelgrau, fast schwarz bis zur Verästelung. Die Knospen sind cylindrisch zugespitzt und werden von weissen spitzen Schuppen, die dicht stehen, gebildet. Die Blätter sind 8—16 cm lang, dick, dunkelgrün, stechend spitz mit gelblicher Spitze (Abb. 137). Am Grunde wird das Blattpaar von einer lichtbraunen Scheide umschlossen. Die männlichen Blüten besitzen kurzgestielte Staubblätter mit langen Antheren und breiten



Abb. 138. P. Laricio. Reifer Zapfen. b. austriaca Endl. (Originalzeichnung d. Verf.)

Kämmen, deren Rand fein gekerbt ist. Die weiblichen Blüten sind rot, eher klein zu nennen, stehen einzeln oder auch zu 2 oder 3 auf sehr kurzen Stielen. Die schlanken, eikegelförmigen, scherbengelben Zapfen besitzen scharf quergekielte mittlere und obere Apophysen (Abb. 138).

§ 27.

Picea, Fichte. Einhäusige, meist schlanke Bäume, an denen Langtriebe allein vorhanden sind. Die verhältnismässig kurzen, nadelförmigen, starren und stechenden Blätter stets einzeln, auf dem Querschnitt mehr oder weniger deutlich vierkantig, rein grün ober- oder beiderseits weissgestreift, mit 2 Harzgängen. Die hängenden, später abfallenden Zapfen mit kleinen Deckschuppen, die von den Fruchtschuppen überragt werden. — Für die Dünenkulturen kommen in Betracht: Picea excelsa und Picea alba.

§ 28.

Picea excelsa Link, **Fichte** oder **Rottanne**, volkstümlich gewöhnlich „Tanne“ genannt. Der oberwärts rotbraun berindete Stamm ist regelmässig quirlig verästelt. Die klein- und dünnschuppige Rinde ist unterwärts am Stamme grau und borkig. Die dünnen Aeste stehen an den unteren Teilen der Krone schräg abwärts, weiter nach der Kronenmitte zu sind sie wagerecht mit aufwärts gebogenen Spitzen, und im oberen Teil der Krone sind sie in leichtem Bogen aufwärts gekrümmt. Die jungen Triebe sind kahl oder etwas kurzhaarig, später bräunlich. Die bis 7 Jahre hindurch lebendig bleibenden Blätter sind entweder gerade oder namentlich an den obersten Aesten schwach sichelförmig gekrümmt, auf einem erhabenen Blattkissen sitzend. Die Oberseite des Blattes ist beiderseits vom Mittelkiel fast eben, nur auf der Unterseite jederseits mit je einer schwachen Längsrinne. Die männlichen Blüten sind langgestielt und meist über die ganze Krone verbreitet. Die purpurroten Antherenkämme decken sich dachziegelförmig und verleihen den Blüten ein schönes rotes Aussehen. Die weiblichen Blüten sind aufrecht, lebhaft purpurot und befinden sich an den vorjährigen Triebspitzen in dem obersten Teile der Baumkrone. Die Fruchtblätter sind anfangs abwärts gerichtet, meist karmesinrot und an der Spitze gezähnelt. Sie überragen in der Blüte die Deckblätter bedeutend. Die reifen Zapfen hängen herab und erreichen meist die Länge von 16 cm bei einer Breite von etwa 3 cm. Die lederartigen, braunen Schuppen schliessen fest zusammen; ihre Ränder sind etwas wellig gebogen und an der abgerundeten Spitze oft schwach gekerbt. Jüngere Zapfen sind entweder hellgrün entsprechend der fr. chlorocarpa Purkyne oder rötlich bis rot violett: fr. erythrocarpa Purkyne. Der etwa 4 mm lange Same wird von dem

dreimal längeren Flügel überragt. In den Dünenwaldungen wird die in ostpreussischen Wäldern häufige Fichte an den niedriger gelegenen Stellen der Plantagen gehalten.

§ 29.

Picea alba Link, **Schimmelfichte.** Dieselbe erreicht nicht die Höhe der vorigen. Ihre grauen oder grünlich weissen Triebe sind kahl. Die vierkantigen, selten 2 $^1/_2$ cm langen Nadeln sind stumpf und beiderseits weiss gestreift, derartig, dass sich zwischen zwei Kanten je ein weisser Streifen mit den Spaltöffnungen befindet. Harzgänge pflegen im Innern der Nadel zu fehlen. Die männlichen Blüten sind vor dem Verstäuben des Pollen durch die rötlich-violetten gezähnten Antherenkämme rötlich gefärbt. Die rötlichen, schon an jungen Bäumchen oft recht zahlreichen, weiblichen Blüten befinden sich an den Triebspitzen der oberen Aeste. Die kleinen Zapfen sind zur Reifezeit hellbraun und übertreffen nur selten die Länge von 5 cm. Sie sind länglich eiförmig und besitzen meist abgestutzte, aussen gestreifte ganzrandige Zapfenschuppen. Letztere sind an unreifen Schuppen grün und bedecken die kleinen, zugespitzten Deckblätter, die selbst an reifen Zapfen nachweisbar sind. Die Samen sind nur halb so lang als bei der gemeinen Fichte und besitzen einen etwa 10 mm langen Flügel.

Die Schimmelfichte kommt im atlantischen Nordamerika von Carolina nordwärts bis zur Hudsonsbai vor und wird sowohl in Dünenwaldungen wie auch sonst in Norddeutschland mit Erfolg kultiviert.

§ 30.

Laubhölzer. Fam. **Betulaceae.** Von Laubhölzern, die durchweg den Dikotyledonen und vorzugsweise der Familie der Betulaceen oder den Birkenartigen angehören, werden meist kultiviert: Betula verrucosa Ehrh. und Alnus glutinosa Gaertn., weniger A. incana DC.

Fam. Betulaceae. Bäume oder Sträucher mit spiralig angeordneten oder 2- bis 3 zeiligen, fiedernervigen Blättern und abfallenden Nebenblättern. Männliche und weibliche Blüten Scheinähren oder Kätzchen bildend und auf demselben Baume vorkommend. Die männlichen Trugdöldchen sind dem schuppen- oder schildförmigen Tragblatt aufgewachsen. Die Staubblätter sind oft zweiteilig. Bei der weiblichen Blüte besteht die Fruchthülle aus einem Tragblatt, das mit den beiden Vorblättern verwachsen ist. Der Fruchtknoten ist zweifächerig und besitzt 2 Griffel mit fadenförmigen, meist roten Narben. Die Frucht ist eine meist geflügelte Nuss.

Bei der Unterfamilie der Betulaceen, wozu Birken und Erlen gehören, erscheinen die männlichen Kätzchen bereits im Herbst, entwickeln sich jedoch erst im Frühling weiter, werden schliesslich locker und verstäuben den Pollen zu Anfang des April. Die Tragblätter der männlichen Blüten sind schildförmig. Eine Hülle oder Perigon umgiebt die männliche Blüte. Die Staubbeutel sind kahl. Die Frucht (Nuss) wird von den flachen Tragblättern bedeckt.

§ 31.

Betula, Birke. Blätter meist ungleich gesägt, unterseits meist drüsig punktiert und an den Kurzzweigen zweizeilig, zuweilen fast gegenständig. Knospen klein und sitzend, meist oberhalb einer dreispurigen Blattnarbe. Männliche Kätzchen schlank cylindrisch mit dichasisch angeordneten Blüten auf dem Tragblatt. Staubblätter meist bis zum Grunde zweiteilig. Die weiblichen Kätzchen nicht selten im Blütenzustande aufgerichtet, kürzer und gedrungener als die männlichen (Abb. 139). Die Tragblätter der weiblichen Kätzchen sind dreilappig infolge Verwachsung des Deckblattes (Mittellappen) mit den seitlichstehenden Vorblättern (Seitenlappen). Das Tragblatt bedeckt 3 Fruchtknoten, deren Narben kürzer als das Tragblatt sind. Sowohl Tragblätter als auch die dünnhäutig geflügelten Nüsse fallen im Herbst von der Blütenstandsachse ab und werden vom Winde weithin fortgeführt.



Abb. 139. Betula verrucosa Ehrh.
1. Blütenzweig; 2. männliche Blüte. 3. weibliche Blüte; 4. weibliches Kätzchen; 5. Frucht.
(N. Wossidlo.)

B. verrucosa Ehrh. (B. alba der meisten Autoren, B. pendula Roth). Stamm oberwärts weissberindet, nur die jüngeren Aeste braunrot und die Rinde alter Stämme unterwärts oder selbst bis zur Krone grob rissig, borkig und sehr hart. Die Zweigspitzen jüngerer Triebe gewöhnlich kahl, aber reichlich mit Warzen besetzt und daher rauh, nur an Stockausschlägen finden sich zwischen den Warzen auch

Haare, desgleichen auf den Blättern dieser Sprossen. Dagegen sind die Zweigspitzen älterer Aeste meist völlig glatt und braun, nur von helleren Lenticellen unterbrochen. Die Zweige dieser Birke sind nicht selten peitschenartig dünn und dann überhängend, doch finden sich ebenso häufig auch Exemplare mit aufrechten Zweigspitzen. Die doppeltgesägten, rhombischen oder deltaförmigen, kahlen, unterseits drüsig punktierten Blattspreiten sind seitwärts nicht abgerundet, am Grunde ganzrandig und vorn lang zugespitzt. An Jungtrieben, besonders an Stockausschlägen, kommen nicht selten sogar herzförmige und etwas gelappte Blätter vor. Die hängenden Fruchtzapfen sind dick und kurz cylindrisch. Seitenlappen der Fruchtblätter abgerundet und kurz gewimpert, viel breiter als der kurz dreieckige Mittellappen. Nüsschen beiderseits von je einem zarten braunen Flügel umgeben, der etwa zweimal so breit als ihr Durchmesser ist. In den Dünenwaldungen erreicht die Birke nur eine mässige Höhe, auch bleiben ihre Stämme von geringerem Umfang als im Binnenlande. — Gelegentlich kommt in den Plantagen der Dünen auch die andere einheimische Birke, B. pubescens Ehrh., vor. Sie unterscheidet sich von der ersteren durch dichte, abstehende Behaarung junger Zweigspitzen und Blätter sowie durch den Mangel der Warzen. Blattspreiten meist eiförmig oder rhombisch eiförmig, doppelt gesägt, spitz und selbst an alten Bäumen in den Blattwinkeln unterseits behaart und von lederartiger Beschaffenheit. Seitenlappen der Tragblätter weiblicher Blüten behaart und gewimpert, nicht abgerundet, sondern stumpfeckig, wie abgestutzt. Die Flügel der Nuss sind nur so breit wie der Durchmesser der letzteren. — Dieser Baum bevorzugt mehr die feuchteren Standorte und findet sich vorzugsweise auf moorigem Boden.

§ 32.

Alnus, Erle, Eller. Blätter gezähnt oder gesägt, an den Langzweigen spiralig, an den Kurzzweigen auch dreizeilig angeordnet; Knospen gestielt, seltener sitzend. Die äusseren Knospenschuppen sind verdickte Nebenblätter der untersten Blätter der Knospenachse. Die männlichen Kätzchen (hier Scheinähren) besitzen braune Tragblätter, auf denen sich 3 männliche Blüten (Trugdöldchen) mit ihren grösstenteils mit dem Tragblatte verwachsenen Vorblättern befinden. Jede Blüte besitzt ein vierspaltiges Perigon und 4 zweiteilige Staubblätter, sodass auf jedem Tragblatt 12 Stamina vorhanden sind. Die weiblichen Kätzchen sind viel kürzer und besitzen mehr oder weniger dunkelbraune Tragblätter, die mit den Vorblättern der beiden weiblichen Blüten zu einer holzigen, auch nach der Fruchtreife bleibenden Schuppe verwachsen, sodass die Fruchtstände kleinen dunkelbraunen

Zapfen gleichen. Zur Blütezeit überragen die beiden fadenförmigen Narben der 2 Fruchtknoten das Tragblatt. Nuss zusammengedrückt, undurchscheinend oder überhaupt nicht geflügelt.

A. glutinosa Gaertn. Gemeine Erle, Eller, Schwarzerle. Meist hoher Baum mit eiförmiger oder schwach pyramidaler Krone. Der Stamm ist mit dunkler Tafelborke bedeckt, während die Zweige dunkelbraun oder chokoladenfarben sind. Blätter aus keilförmigem Grunde kurz verkehrt eiförmig, fast rundlich, an der Spitze gestutzt oder deutlich ausgerandet, die Blattränder einfach bis doppelt ausgeschweift gesägt, im Jugendzustande besonders oberseits sehr klebrig, später glatt und kahl, nur in den Aderwinkeln etwas behaart. Die Oberseite der Spreite ist dunkelgrün, die Unterseite etwas heller. Die Blüten erreichen ihre vollkommene Ausbildung bereits Ende März oder Anfangs April, lange vor der Belaubung. Auf den Dünen der kurischen Nehrung waren am 14. April 1899 etwa 0,50 m hohe Sträucher der Schwarzerle am Südhange in vollster Blüte anzutreffen. Die seitlich stehenden weiblichen Kätzchen sind stets deutlich gestielt; Fruchtzapfen eiförmig und von Wachsharz bedeckt. Aussenfläche der Tragblätter dunkelbraun mit etwas hellem, braunen Höcker in der Mitte. Frucht (Nuss) breit eiförmig und ungeflügelt.

Bekannt ist die Fähigkeit der Erle, nach dem Abhieb reichlichen Stockausschlag zu bilden und dadurch sich zu regenerieren, während sie Wurzelbrut nicht entwickelt. In den feuchteren Teilen der Dünen ist die Schwarzerle vorherrschend und der häufigste Baum der Dünenplantagen.

Hin und wieder findet sich aus früheren Anbauversuchen, besonders an der westpreussischen Küste des Kreises Putzig, die Weisserle, A. incana DC. in kleineren Beständen. Dieselbe ist meist niedriger und besitzt schlanke, selten etwas kielrückige, glatte Stämme mit hell- oder silbergrauer, nicht borkig rissiger Rinde. Jüngere Zweige sind dicht, fast filzig behaart, ältere kahl. Blätter eiförmig bis länglich elliptisch, spitz, scharf doppelt gesägt und mehr oder weniger seicht gelappt, im jugendlichen Zustande beiderseits weichhaarig, niemals klebrig. Die Oberfläche älterer Blätter ist dunkelgrün und kahl, die Unterseite fein und fast filzig behaart, bläulich grau, späterhin verkahlend; zuweilen nur noch in der Nähe der Adern behaart. Männliche Kätzchen lockerer und länger als bei der Schwarzerle. Ihre rotbraunen Tragblätter kontrastieren lebhaft mit den tiefgelben Antheren. Die seitlichen, weiblichen Kätzchen sind sehr kurz gestielt, fast sitzend und kürzer als bei der Schwarzerle. Die Blütezeit ist eine etwas frühere.

E. Einige auf den Dünen wildwachsende Pflanzen.

§ 33.

Vorbemerkung. Im folgenden muss von einer eingehenden Charakteristik der Familien und Gattungen abgesehen werden, weil der Rahmen dieser Arbeit es in dem erwünschten Masse nicht gestattet. Es können auch nur Beschreibungen der häufigeren oder sonst bemerkenswerteren Dünenpflanzen gegeben werden. Mit Hilfe der beigegebenen Abbildungen dürfte jedoch das Erkennen der betreffenden Pflanzen unschwer werden. Alle in den Dünenthälern wie im Dünengebiet überhaupt existierenden Pflanzen könnten nur in einem besonderen Werke berücksichtigt werden, da die dort vorkommende Vegetation den grössten Teil der norddeutschen Wald- und Wiesenflora umfasst. Andererseits ist die Kryptogamenflora keineswegs durchweg erschöpfend erforscht. Auch hiervon können nur die häufigeren Arten Berücksichtigung finden, die nach Englers Syllabus 2. Ausg. Berlin 1898 aufgeführt werden.

§ 34.

IV. Unterabteilung **Eumycetes** (Fungi, **echte Pilze**). Chlorophyllfreie, parasitisch oder saprophytisch lebende Pflanzen. Bei den hier in Betracht kommenden Arten nur ungeschlechtliche Fortpflanzung durch abgeschnürte Sporen oder Konidien oder durch endogene Sporen bekannt.

2. Klasse Basidiomycetes. Mit vielzelligem Mycel und ungeschlechtlicher Fortpflanzung vermittelst Konidienbildungen auf besonderen Trägern, den Basidien.

2. Reihe Autobasidiomycetes. Mit keuligen, ungeteilten Basidien, an deren Spitze gewöhnlich vier Sterigmen sich befinden.

3. Unterreihe Hymenomycetineae. Die mehr oder weniger reich entwickelten Fruchtkörper bestehen aus verzweigten und verflochtenen Hyphen, besitzen entweder ein freies Hymenium, oder dasselbe ist anfangs beschleiert, aber zur Zeit der Sporenbildung frei. Chlamydosporen und Konidien selten.

Polyporaceae, Schwämme, Löcherschwämme. Hut unterseits mit Röhren.

Polyporus igniarius L. Hut einseitig ansitzend, oberseits mehr oder weniger flach, am Rande wulstig, nicht scharf, unterwärts mit starker Röhrenschicht; Fruchtkörper fest, holzig, oberseits schmutzigbraun oder graubraun, innen hellbraun. Sehr verbreitet, auch an alten

Stämmen von Hippophaës rhamnoides bemerkt. — Hiervon durch fleischige, central gestielte Fruchtkörper verschieden ist die Unterfamilie der Boleteae.

Boletus variegatus Sw., Sandpilz. (Abb 140). Hut graugelb mit etwas dunkleren, sich ablösenden Flocken. Bei feuchter Luft ist die Haut der Hutoberfläche schmierig, sonst trocken. Im jugendlichen Zustande halbkugelig, später ausgebreitet und bis 9 cm breit, am Rande scharf. Das derbe Fleisch ist gelblich weiss und läuft beim Bruche oder auf dem Anschnitt bläulich an. Röhrchen auf der Unterseite des Hutes kurz, aber ungleich lang und sehr fein, ihre Mündungen meist rundlich. Geruch des Pilzes schwach, aber nicht unangenehm. Stiel ohne Ring, cylindrisch, nach unten wenig erweitert, kahl. Essbar. Auf den Nehrungen und auf Heiden verbreitet.

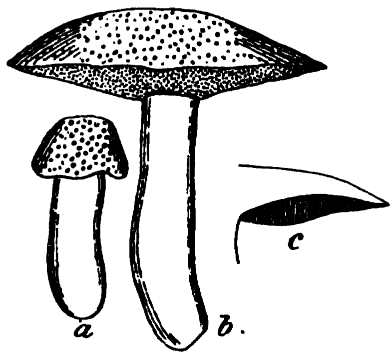


Abb. 140. Boletus variegatus, Sandpilz. a) junger Pilz; b) älteres Exemplar; c) Hut, halbiert. (Originalzeichnung des Verfassers.)

B. bovinus L., Kuhpilz. Hut hell rötlich oder bräunlich gelb, anfangs mit umgerolltem, hellerem Rande, biegsam. Sein Fleisch ist weiss und verändert beim Anschneiden die Farbe nicht. Röhrchen zusammengesetzt, d. h. in den grösseren Oeffnungen befinden sich noch kleinere und auch kürzere, woran dieser Pilz leicht zu erkennen ist. Röhrchenfarbe schmutzig gelb oder hell bräunlich. Stiel glatt und ohne Ring wie bei den meisten Röhrenpilzen. Das Fleisch dieses meist gesellig vorkommenden Pilzes hat einen angenehmen, obstartigen Geruch. Auch dieser Pilz kann genossen werden. Kurische Nehrung bei Rossitten; wohl auf beiden Nehrungen.

B. luteus L., Ringpilz. Hut schmutzig braun oder gelb, bis 10 cm breit, kahl und bei feuchtem Wetter mit stark schleimiger Oberfläche, die sich leicht abziehen lässt. Die gelben, sehr feinen Röhrchen mit teils runden, teils kantigen Oeffnungen. Stiel unterwärts etwas dicker, im oberen Teile mit einem deutlichen Ringe, oberhalb desselben mit kleinen Körnchen besetzt und gelblich oder weisslich. Fleisch von weisser, unveränderlicher Farbe, sehr saftig, essbar. Dünen der frischen Nehrung, südlich von Neutief, auch bei Neuhäuser, kurische Nehrung bei Cranz etc. Wahrscheinlich wie die vorigen verbreitet.

. Fam. Agaricaceae. Hut unterseits mit Lamellen.

Russula emetica Fr., Speiteufel, Speitäubling. Hut fest, Fleisch brüchig, nicht milchig und weiss. Die Oberfläche des Hutes sehr verschieden gefärbt, vielfach rot, am Hutrande etwas gefurcht. Lamellen breit, fast gleich lang, weiss, am Grunde aderig verbunden. Geschmack scharf beissend. Sporen weiss. Stiel kahl und ohne Ring. Giftig. Sehr verbreitet in Dünenwaldungen. Sicherlich kommen auch andere Arten dieser Gattung dort vor, worauf noch zu achten bleibt.

Marasmius androsaceus (L.) Fr. Kleiner Pilz mit sehr dünnem, bräunlichem Hut von ca. 1 cm Breite und ungleich langen, angehefteten Lamellen. Stiel schwärzlich. Findet sich besonders auf Kiefernadeln.

6. Unterreihe Lycoperdineae. Mit anfänglich fleischigem, meist durchweg weissem Fruchtkörper, der bis nach der Reifezeit der Sporen von einer festen Schicht (Peridie) umschlossen bleibt, aber später an der Spitze aufreisst und dem Sporenpulver den Durchgang gestattet. Im Innern des Pilzes befinden sich unregelmässige Kammern, deren Wände ein Hymenium führen und im reifen Zustande von einer meist bräunlichen, pulverförmigen Sporenmasse nebst Kapillitium erfüllt sind.

Fam. Tylostomataceae. Fruchtkörper auf gesondertem Stiel.

Tylostoma mammosum (Mich.) Fr. (Abb. 141). Fruchtkörper niedergedrückt kugelig, etwa von der Grösse einer Haselnuss auf zwei- bis dreimal längerem, cylindrischem Stiel, hellgrau, fast weiss, am Scheitel mit unregelmässig zerschlitztem Oeffnungsrande. Fruchtkörper im Innern mit Kapillitium, aber mit ungekammerter Gleba. Auf grauen Dünen, z. B. bei Cranz und Sarkau.



Abb. 141. Tylostoma mammosum 1/1.

Fam. Lycoperdaceae. Bovistartige Pilze. Fruchtkörper kugelig, nicht gestielt.

Lycoperdon gemmatum Batsch. Fruchtkörper am Grunde mit solidem Stiel, oberwärts keulenförmig erweitert und nur im oberen Teile fruchtbar. Der Fruchtkörper reisst zur Zeit der Sporenreife wie bei voriger Art an seiner Spitze mit einer kleinen Oeffnung auf. Die äussere Peridie mit der inneren fest verbunden, auf der Oberfläche mit warzigen oder stacheligen Erhabenheiten. Meist büschelig wachsend. Kurische Nehrung. Verbreitet.

§ 35.

Nebenklasse **Lichenes, Flechten.** Keine einheitlichen Organismen, sondern mit verschiedenen kleinen Algen aus den Familien der Protococcaceen, Pleurococcaceen, Chloro- und Schizophyceen in Symbiose

lebende Pilze. Meist bilden sie mit den Algen ein Konsortium mit Wachstumserscheinungen, die den Pilzen fehlen. — Der Flechtenthallus ist von den genannten Algen entweder gleichmässig durchsetzt und wird dann homöomer genannt, was seltener vorkommt, oder der Thallus enthält nur in einer bestimmten Schicht, der sogenannten Gonidienschicht, die zwischen der Rinden- und Markschicht liegt, die Algen und heisst dann heteromer. Die vom Pilzmycel umschlossenen Algen der Gonidienschicht vermehren sich nur vegetativ. Die Vermehrung der Flechten geht sehr häufig durch Bildung von Brutknospen oder Soredien vor sich, die aus einem Konglomerat von Mycelfäden und Algengonidien bestehen. Weniger häufig kommt die Vermehrung durch Bildung von Hymenialgonidien vor. In den Schläuchen der Fruchtkörper können 32 und mehr Sporen enthalten sein. Ferner können Spermogonien mit keimfähigen Spermatien oder Konidien enthaltende Pyknidien gebildet werden.

2. Reihe Ascolichenes, Schlauchflechten. Bei diesen leben Schlauchpilze (Ascomyceten) in Symbiose mit Algen.

2. Unterreihe Graphidineae. Fruchtkörper langgestreckt. Auf Baumrinden.

Fam. Graphidaceae. Mit krustenartigem Thallus und Gonidien aus der Algengattung Trentepohlia.

Graphis scripta L., Schriftflechte. (Abb. 142 A). Auf noch jüngeren, glatten Baumrinden, unter deren Oberhaut sich der Thallus entwickelt und später in gekrümmten Längsreihen als ein grauer Schorf hervorbricht. Apothecien als schwärzliche, sich verzweigende oder etwas schlängelnde Rillen, die arabischen oder chinesischen Buchstaben nicht unähnlich sehen. Die vielzelligen Sporen sind ursprünglich hell, werden später jedoch dunkel und befinden sich in bauchigen Schläuchen. An jüngeren Bäumen der Plantagen verbreitet.

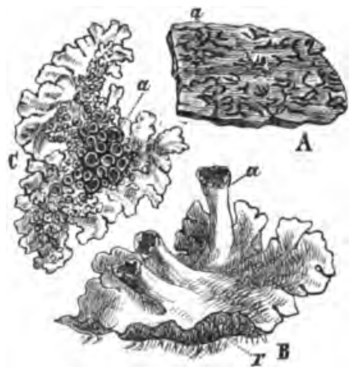


Abb. 142—144.
A) Graphis scripta, Schriftflechte.
B) Peltigera canina, Hundsflechte.
C) Physcia parietina, gelbe Wandflechte.
a) Fruchtkörper. c) Rhizoiden.
(Nach Döbner-Nobbe.)

Fam. Baeomycetaceae. Fruchtkörper gestielt, kopfartig.

Baeomyces roseus Pers. Aus dem grauweissen, körnigen Lager erheben sich zahlreiche, gestielte, rosig gefärbte Apothecien oder sterile Säulchen mit rötlicher Spitze. Auf kahlen Stellen der grauen Düne.

Fam. Peltigeraceae. Mit blattartigem, heteromerischem Thallus, und mit undeutlich berandeten Apothecien, die recht ansehnlich sein können.

Peltigera canina L., Hundsflechte. (Abb. 143 B). Thallus mit grossen, derben Lappen, recht ansehnliche, über handgrosse Rosetten bildend, auf Sandboden und fester Erde; im trockenen Zustande aschgrau oder braun, feucht jedoch grün oder braun. Die braunen Apothecien rundlich oder länglich, an den Enden der Thalluslappen meist reichlich vorhanden. Die auf der Unterseite des Thallus befindlichen zahlreichen Haftfasern weiss (bei der nahe verwandten P. rufescens Hoffm. wie der Thallus rotbraun). Auf grauen Dünen nicht selten. — Desgl. P. polydactyla Hoffm. mit schmalen, grau- oder rotbraunen, papierhäutigen Lappen. Thallus auf der Unterseite mit schwarzbraunen, zerstreuten Haftfaserbüscheln.

Fam. Parmeliaceae. Mit blattartigem oder strauchartigem, selbst fadenförmigem Thallus und knorpeliger Rindenschicht. In der Gonidienschicht Protococcaceen.

Cetraria islandica L., Isländisches Moos. Thallus blattartig mit grauen, schmalen, etwa geweihförmigen, dünnen, meist krausen Lappen, die gewöhnlich starr bewimpert sind. Meist unfruchtbar. Auf grauen Dünen besonders in der kürzeren, krausen und feinblätterigen Form crispa Achar., z. B. bei Kahlberg.

Evernia furfuracea L. Thallus in feine, geweihartige Lappen zerteilt und büschelige Räschen bildend. Apothecien napfförmig, rotbraun, aber meist fehlend. Die Oberseite des Thallus weiss oder grauweiss, die Unterseite nur anfangs weiss, dann blauschwarz. Auf den Dünen bei Steegen in Westpreussen beobachtete Ohlert eine Form mit besonders schmalen Lappen.

Ramalina fraxinea L., Eschenflechte. Graugrüne, groblappige Büschel von linealer bis lanzettlicher Form, bis 10 cm lang und 2 cm breit. Auf den Lappen reichliche, schüsselförmige Apothecien. Besonders an vereinzelt stehenden Bäumen der Dünenwaldungen weit verbreitet.

Cornicularia aculeata Schreb., Hornflechte. Thallus fein zerteilt und verästelt, trocken sehr stark glänzend und tief kastanienbraun. Die schüsselförmigen Apothecien an den Enden der starren, stachelig zugespitzten Zweige bis 8 cm hoch. Auf Dünen weit verbreitet. In der fr. edentula Achar. bei Schwarzort (leg. Ohlert).

Bryopogon jubatus L. (Alectoria jubata Hoffm.), Mähnenflechte. Thallus zähe, in sehr feine, fadenartige, lange Lappen zerteilt, mit fest zusammenhängender Rinden- und Markschicht. Astspitzen lang und ungeteilt, sehr entferntästig. Sehr selten fruchtend. Apothecien

nur wenige Millimeter breit. Besonders an den Aesten älterer Bäume. — fr. prostrata Ohlert mit lang niedergestreckten Thalluszweigen von der Tracht des B. chalybaeiformis wurde von Ohlert auf dem Sande der Dünen bei Steegen beobachtet.

Usnea barbata Fr., Bartflechte. Ebenfalls mit fadenförmigen, fast rechtwinklig verzweigten, aber kürzeren Aesten des Thallus, doch lösen sich hier Rinden- und Markschicht leicht von einander. Apothecien grossstrahlig bewimpert, besonders an Aesten der Bäume und an altem Holzwerk. fr. humifusa Ohlert ist eine dem Boden aufliegende Form, die von Ohlert auf Dünen bei Memel und Brösen bei Danzig beobachtet worden ist.

Cladoniaceae. Mit horizontalem, blättrigem oder schuppigem Lager, das bei einigen Arten bleibt, bei anderen verschwindet. Aus diesem Thallus erheben sich Säulchen oder Podetien, die oft trichterförmig sind. Die Apothecien bedecken meist die Spitzen der Podetien und bilden teils grössere, teils kleinere, braune, schwärzliche oder rote Polster, wonach die zahlreichen Arten gruppiert zu werden pflegen. Für die Dünen kommen in Betracht:

Cl. furcata Hoffm. Mit blättrigem, wagerechtem Thallus und glatten, hornartigen Podetien, deren Astenden durchbohrt sind. Kommt in verschiedenen Formen vor. Bemerkenswert ist darunter fr. syrtica Ohlert mit aufrechten oder zurückgekrümmten, aus dem Grünlichen ins Bräunliche spielenden Podetien, die von Schüppchen oder Körnchen des Thallus sehr rauh erscheinen. Zuweilen entwickeln die Schüppchen und Trauben schwärzliche Fasern. Der Fruchtstand ist hier ein doldenrispiger. Beobachtet durch Ohlert bei Bohnsack, Steegen und auf den Dünen der frischen Nehrung bei Kahlberg.

Cl. pyxidata L. Podetien niedrig, bis 30 cm hoch, becherförmig, grünlich grau, körnig bestäubt, meist sprossend, daneben jedoch auch hornartige Sprosse des Thallus vorhanden. Graue Dünen.

Cl. fimbriata Hoffm. Mit geweihartig zerteilten, oft becherförmigen Podetien und vielfach wimperig gezähntem oder sprossendem Becherrande und flachen Bechern, in vielen Formen sehr verbreitet. Desgleichen

Cl. gracilis Hoffm. Mit meist dünnen, schlanken, wenig verzweigten, grünlichen, kahlen Podetien.

Cl. degenerans Floerke. Mit zerteilten Podetien und durch Sprossungen fast aufgelösten Bechern, an der Basis schwarz mit hellen Fleckchen, oberwärts jedoch grünlich, weisslich oder braun; an sonnigen Stellen bleich, an schattigen braun; meist mit Schuppen besetzt.

Cl. alcicornis Floerke. Thallusblättchen lebhaft grün oder bräunlich grün. Podetien kurz, nur 1 cm hoch, meist elchgeweih-

förmig entwickelt, mit sprossenden Becherrändern. Auf grauen Dünen verbreitet.

Cl. rangiferina L., Renntiermoos, Renntierflechte (Abb. 145). Grundständiger Thallus fehlend. Aufrechter Thallus strauchartig starr verästelt, stets ohne Becher und von aschgrauer Farbe.

Die einseitswendige Richtung der doldig-strahlenden, gleichlangen, meist gekrümmten Astspitzen, an denen auch die kugeligen, kleinen Apothecien sitzen, ist bemerkenswert und charakteristisch.



Abb. 145. Cladonia rangiferina Renntierflechte. (Nach Wossidlo.)

Meist in dichtem Rasen auf Dünen nicht selten. Die fr. silvatica (Hoffm. als Art) mit grünlichgelben Thallusästen und allseitig übergebogenen, an den Spitzen gleichfarbigen Aesten wurde in der var. portentosa Del. bei Bohnsack und Kahlberg auf den Dünen durch Ohlert entdeckt.

Fam. Stereocaulaceae. Mit stark schuppigem und krustenartigem Thallus. Podetien strauchartig, Rinde meist knorpelig hart.

Stereocaulon paschale L. Mit weisslichen oder aschgrauen, breitgedrückten Zweigen und kurzen Aestchen. Erstere mit gekerbten oder eingeschnittenen Schüppchen dick inkrustiert, nur wenig filzig, dem Boden lose aufliegend. Auf Dünen.

St. tomentosum Fr. Mit dicht filzig überzogenen Pseudopodetien, die reichlich verästelt sind, von weisslicher oder bläulich grauer Farbe, sehr dick von gekerbten Schüppchen inkrustiert. In kleinen, dem Sandboden locker aufliegenden Büschen. Sehr verbreitet auf grauen Dünen.

Fam. Theloschistaceae. Mit schuppigem oder kleinblättrigem Thallus. Gonidienschicht mit Protococcaceen. Die ursprünglich eingesenkten, schüsselförmigen Apothecien später deutlich hervortretend.

Xanthoria parietina Th. Fr., gelbe Wandflechte (Physcia parietina Nyl.). (Abb. 144C). Thallus kleinblättrig, gelappt, goldgelb. Apothecien in der Mitte des Thallus gehäuft. Kommt an Bäumen, Steinen und an Zäunen in vielen Formen überall sehr gemein vor.

§ 36.

III. Abteilung: **Embryophyta zoidiogama. Bryophyta, Moose.** Die Embryophyta zoidiogama oder Archegoniaten sind kormophytische Gewächse, an denen Stamm und Blätter meist deutlich zu unterscheiden sind, und die einen Generationswechsel zeigen insofern, als eine proembryonale Generation existiert, die von einer sexuellen Generation mit Antheridien (die Spermatozoiden enthaltend) und mit Archegonien (die zu befruchtende Eizelle enthaltend) abgelöst wird. Infolge der Befruchtung entsteht aus der Eizelle durch Teilung derselben der Embryo, der mit der proembryonalen Generation in Zusammenhang bleibt und von ihr Nahrung erhält.

I. Unterabteilung: Bryophyta (Muscinei), Moose. Aus den Sporen entwickelt sich ein gewöhnlich fadenförmiges Gebilde, der Vorkeim (Protonema) oder die proembryonale Generation, die meist kormophytisch ist. Aus der befruchteten Eizelle entsteht die embryonale Generation. Der Fruchtkörper (Sporogon) ist eine meist aufspringende, sitzende oder gestielte Kapsel, in der Sporen von gleicher Gestalt entstehen.

Für die Dünenflora kommt hauptsächlich die 2. Klasse Musci (M. frondosi), Laubmoose, in Betracht. Vorkeim meist fadenförmig. Bei der proembryonalen Generation lassen sich Stamm und Blätter deutlich unterscheiden. Gewöhnlich löst sich bei der weiteren Ausbildung des Sporogons die Archegonwandung am Grunde los und wird als Haube (Calyptra) emporgehoben und eine zeitlang geführt.

Auf den grauen Dünen kommen an buschigeren Stellen alle auch sonst auf Sandboden in der Heide auftretenden Laubmoose vor. Berücksichtigt können nur die in grossen Massen vorkommenden Arten werden.

4. Unterklasse: Bryales. Im Endothecium bilden sich Archispor und Columella aus, während das Sporogon deutlich eine Kapsel und einen Stiel (Seta) erkennen lässt.

2. Reihe: Stegocarpae. Die Kapsel wird durch einen zur Reifezeit abfallenden Deckel geschlossen.

1. Unterreihe: Acrocarpae. Mit endständigen Kapseln, die sich aus den an Hauptachsen gipfelständigen Archegonien entwickeln.

Fam. Ditrichaceae. Wuchs dichtrasig. Kapsel auf kurzem Hals auf einem oben links- und unten rechtsgedrehten Stiel. Peristom mit 16 aufrechten, in 2 Schenkel geteilten Zähnen.

Ceratodon purpureus Brid. In dichten, braungrünen, kurzen Rasen, meist grössere Flächen überziehend. Aeste von gleicher Länge mit der Hauptachse. Blätter länglich-lanzettlich mit einem vor der Spitze verschwindenden Nerv und etwas gezähnelter Spitze. Die läng-

liche Kapsel ist rotbraun, stark glänzend; Peristom und Kapselstiel purpurrot.

Fam. Pottiaceae. Ebenfalls mehr oder weniger dicht rasig. Kapsel mit oft fehlendem oder 16zähnigem Peristom und meist kappenförmiger Haube.



Abb. 146. Tortula ruralis
a) Fruchtende Pflanze; b) Kapsel mit Haube (Calyptra); c) Kapsel mit vorgestrektem Peristom; d) Blatt.
(Originalzeichnung d. Verf.)

Tortula ruralis (L.) Ehrh. (Barbula ruralis Hedw., Syntrichia ruralis Brid.) (Abb. 146). Stämmchen bis 8 cm hoch, in dichten und weit ausgedehnten, braungrünen Rasen, unterwärts rostrot. Blätter spatelförmig, im trockenen Zustande aufrecht und locker anliegend, im feuchten Zustande jedoch sperrig zurückgekrümmt, von einer starken Rippe durchzogen, die als gezähneltes, etwas geschlängeltes, weisses Haar heraustritt (vergl. Abb. 146 d). Kapsel aufrecht mit kegelförmigem, rotem Deckel und mit einem Peristom, das am Grunde rautenförmig durchlöchert ist. Die Peristomzähne zeigen eine zweimalige Windung (s. Abb. 146 c). Auf grauen Dünen weite Flächen überziehend und allgemein verbreitet.

Fam. Grimmiaceae. Dichte Polster bildend. Blätter an der Spitze oft papillös, mit rundlichen, chlorophyllhaltigen, kleinen Zellen. Kapsel kegelförmig oder cylindrisch mit 16 Peristomzähnen, die gerade vorgestreckt sind.

Racomitrium canescens Brid. (Abb. 147). In der Tracht der vorigen Art ähnlich, unterscheidet sie sich von ihr ohne weiteres durch ein graugrünes bis hellgrünes Aussehen. Blätter sperrig zurückgekrümmt, aus breitem Grunde allmählich zugespitzt und in ein helles, gezähntes Haar auslaufend; Ränder umgerollt. Die gerade vorgestreckten, roten Peristomzähne in zwei fadenförmige Schenkel gespalten. Haube kegelförmig, am Grunde mit rissigem

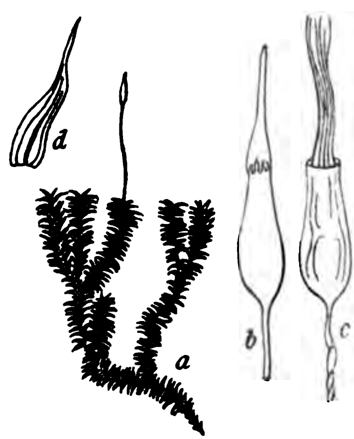


Abb. 147. Racomitrium canescens
a) fruchtende Pflanze; b) Kapsel mit Haube (Calyptra); c) reife Kapsel mit den Zähnen des Peristoms; d) Blatt.
(Originalzeichnung d. Verf.)

Rande (Abb. 147 b). Auf grauen Dünen weit verbreitet und meist nirgends selten.

Fam. Bryaceae. Mit rasig-dichtstehenden Stämmchen. Blätter am Grunde mit parenchymatischen, an der Spitze wohl auch prosenchymatischen Zellen. Die oft birnförmige Kapsel meist hängend, regelmässig oder unsymmetrisch entwickelt und mit doppeltem Peristom.

Bryum caespiticium L. Grüne oder bleichgrüne, dichte Rasen bildend. Blätter gesäumt, gedrängt stehend, lanzettlich und lang zugespitzt durch die austretende Rippe. Die bräunliche, birnförmige Kapsel unter der Mündung etwas verengt. Der kurz zugespitzte Deckel ist glänzend. Ein sehr verbreitetes Moos.

Fam. Polytrichaceae. Meist stattliche, dichte Rasen bildende Moose, deren Stämmchen konzentrische Leitbündel führen; mit derben, oberseits längsgefalteten, lamellösen, am Rande scharf gesägten Blättern. Kapsel gestielt, meist vier- bis sechskantig, seltener rundlich mit 26, 32 oder 64 Zähnen. Haube haarig und meist mützenförmig.

Polytrichum piliferum Schreb. Die ganzrandigen Blätter in eine lange, weisse Haarspitze auslaufend, lang lanzettlich mit eingerollten Rändern. Kapsel hellbraun, vierkantig, von der haarigen Haube umhüllt, mit flachem, kurzgeschnäbeltem Deckel. Stengel schopfig dicht beblättert, unterwärts jedoch kahl. Auf Dünen verbreitet. Das viel höhere, bis 0,25 m hohe P. commune L. hat längere und derbere Blätter und bevorzugt die feuchteren und waldigen Stellen der Dünen.

2. Unterreihe: Pleurocarpae. Kapselstiele aus Blattachseln entspringend, sowohl am Hauptstengel als auch an den Aesten.

Fam. Hypnaceae. Ast- oder Schlafmoose. Blätter entweder allseitswendig oder gescheitelt, mit prosenchymatischen Zellen. Kapsel mit doppeltem Peristom.

Hypneae. Mit kegelförmigem Kapseldeckel, der bespitzt sein kann.

Brachythecium albicans Br. et. Sch. In lockeren, bleichgrünen Rasen, dem Boden anliegend und aufsteigend. Blätter in eine Haarspitze ausgezogen, anliegend, eiförmig, ganzrandig. Rippe bereits in der Mitte verschwindend. Die braune, kleine Kapsel wird später schwärzlich und besitzt ein gelbes, äusseres Peristom. Deckel spitz. Auf den Dünen sehr verbreitet.

Hypnum cupressiforme L. Bleiche oder olivengrüne Rasen mit fast regelmässig fiedrig verzweigten Aesten, die aus niederliegendem Grunde aufsteigen. Blätter sehr dicht stehend, einseitswendig, stark sichelförmig gekrümmt, zugespitzt, meist ganzrandig oder an der Spitze gesägt, mit undeutlicher Doppelrippe. Mit aufrechter oder übergeneigter, gekrümmter Kapsel und kurzgeschnäbeltem Deckel. Auf Dünen, in

der Nähe von Baumstämmen auf dem Sande nicht selten, auch in der schlanken, fast aufrechten Form b. ericetorum Br. et Sch.

§ 37.

II. Unterabteilung. **Pteridophyta, Farnpflanzen.** Die proëmbryonale, aus den Sporen der embryonalen Generation hervorgehende Generation ist thalloidisch und wird Prothallium genannt. Letzteres ist entweder monöcisch oder diöcisch. Die embryonale Generation lässt Stamm und Blätter deutlich erkennen und geht aus der befruchteten Eizelle des Archegonium hervor. Am Stamme befinden sich echte, endogen entstandene Wurzeln, während im Stamme und in den Blättern geschlossene Leitbündel auftreten. Auf den Blättern oder an deren Basis entwickeln sich Sporangien, welche die Sporen oder Keimzellen enthalten. (Unter Benutzung der Flora des nordostdeutschen Flachlandes von Ascherson und Graebner sowie der Eingangs erwähnten Literatur).

I. Klasse Filicariae. Blätter meist ansehnlich, fast immer geteilt, in der Jugend spiralig eingerollt. Die Sporangien in Häufchen (Sori) auf der Blattunterseite.

I. Unterklasse Filices. Ausdauernde Gewächse mit meist unterirdischem, kriechendem, ungegliedertem Stamm und fast stets fiederschnittigen Blättern, die auf der Unterseite in Sporangien gleichgestaltete Sporen tragen, aus denen bei der Keimung ansehnliche einhäusige Vorkeime (Prothallien) hervorgehen.

I. Reihe Planithallosae. Mit flachem Vorkeim.

Fam. Polypodiaceae. Sporangienrand mit deutlichen Ringzellen. Sporangium an längeren Stielen mit an der Insertion des Stieles unterbrochenem Ringe, der Quere nach aufspringend. Sori mit oder ohne Schleier, gewöhnlich auf der Blattunterseite.

Unterfam. Pteridoideae. Sori randständig.

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn. Adlerfarn. Mit weithin kriechender Grundachse, die, wie ihre Aeste, an der Spitze ein Grundblatt jährlich entwickelt. Blattstiel kahl, nur am Grunde braun behaart, 10—20 Gefässbündel führend, die auf dem Querschnitt ungefähr das Bild eines Doppeladlers gewähren (daher der Name Adlerfarn). Blattspreiten fast wagerecht, mit den Spitzen übergeneigt, dreieckig eiförmig, 2—3fach fiederschnittig, meist kahl oder unterseits auf den Nerven spärlich behaart. In Dünenwaldungen hin und wieder.

Unterfam. Polypodioideae. Fruchthäufchen ohne Schleier auf den Nerven der Blattunterseite.

Polypodium vulgare L. Engelsüss. (Abb. 148). Mit vielfach oberirdischem, kriechendem Wurzelstock, der sich namentlich an

den unteren Teil der Waldbäume anschmiegt, aber in Dünenwaldungen auch frei an Hügeln aufwärts strebt u. s. w. Blattspreiten im Umfang etwa länglich dreieckig, meist einfach fiederschnittig und länger als ihr Stiel, derb lederartig und die Blätter überwinternd. Die Oberfläche ist dunkler grün als die Unterseite. Die Fiedersegmente sind meist abwechselnd, länglich, abgerundet oder etwas spitz und mehr oder weniger deutlich gesägt.

§ 38.

IV. Abteilung. **Embryophyta siphonogama.** (Phanerogamen, Spermatophyta, Anthophyta). **Blüten-** oder **Samenpflanzen.** Pflanzen mit meist deutlich entwickelten Stämmen und Blättern, bei denen der Generationswechsel nicht offenbar ist, weil die proembryonale Generation eingeschlechtig ist. Die Pollenkörner repräsentieren Mikrosporen, aus denen sich der männliche Vorkeim entwickelt. Die proembryonale Generation besteht hier aus einer oder sehr wenigen, bald verschwindenden, kleinen, vegetativen Zellen und aus einer zum Pollenschlauch auswachsenden Zelle, die meist ohne Bildung von Spermatozoiden die Befruchtung vollzieht. Die weibliche proembryonale Generation entwickelt sich im Embryosack, der eigentlichen Makrospore und enthält ein oder nur wenige Archegonien. In der Makrospore, kommt der Embryo, welcher aus der befruchteten Eizelle hervorgeht, zur Entwickelung, obgleich die Makrospore vom Makrosporangium (Kernwarze oder Nucellus) umhüllt und noch von der embryonalen Generation nicht getrennt ist. Die Loslösung von der letzteren erfolgt erst nach vollkommener Entwickelung des Embryo, und das Makrosporangium wird nunmehr Same genannt.



Abb. 148. Polypodium vulgare, Engelsüss.
a) Wurzelstock; b) Blattfieder von unten; c) Fruchthäufchen (sorus); d) Sporangium geschlossen; e) Sporangium geöffnet u. Sporen entlassend.
(Nach Garcke.)

I. Unterabteilung: Gymnospermae. Nacktsamige Pflanzen. Die Samen entwickeln sich frei, nicht von einem Gehäuse des Fruchtknotens umschlossen. Die einem wenigzelligen Vorkeim entsprechenden Pollenkörner gelangen auf die Samenanlagen und befruchten die in der Makrospore enthaltenen Archegonien. Die Blüten sind getrennt-

geschlechtig. Die männlichen Blüten bestehen aus vielen spiralig angeordneten Staubblättern. Letztere besitzen meist 2 oder mehrere Pollensäckchen. Die weibliche Keimzelle, auch Embryosack genannt, entspricht der Makrospore und enthält ein Endosperm, das als ein Prothallium aufgefasst wird. Letzteres ernährt den Keimling.

Die hier in Betracht kommende Klasse der Koniferen wurde bereits früher berücksichtigt.

II. Unterabteilung: Angiospermae. Bedecktsamige. Die Samen entwickeln sich in allseitig von den Fruchtblättern umschlossenen Höhlungen aus den in den letzteren befindlichen Samenknospen. Diese enthalten eine Keimzelle oder den Embryosak (Makrospore) mit einer Eizelle, zu welcher der auf die Narbe des Stempels gelangte Pollen durch den Griffel einen Schlauch treibt und die Eizelle befruchtet, aus welcher nach der Befruchtung der Embryo hervorgeht. — Die Blüten bestehen aus einem Androeceum und einem Gynaeceum, die meist von einer Blütenhülle umgeben werden.

I. Klasse. Monocotyledoneae, Monocotylen. Der Embryo entwickelt stets nur ein Keimblatt (Cotyledon). Die Blüten werden meist von einer Blütenhülle (Perigon) umschlossen und zeigen in ihren gleichnamigen Organen das Vorherrschen der Dreizahl (oder ein Vielfaches derselben), seltener die Zwei- oder Vierzahl. Die einfachen, meist ungeschnittenen Laubblätter zeigen parallele, selten netzartig verbundene Adern.



Abb. 149. Agrostis alba,
a) Blatthäutchen (Ligula); b) blühende Aehrchen; c) Blüte; d) Hüllspelzen; e) Deckspelzen mit Deck- und Vorspelze. (Nach Kienitz-Gerloff.)

4. Reihe Glumiflorae. Meist nackte, zwitterige oder eingeschlechtige Blüten mit oberständigen, einsamigen Fruchtknoten, die von besonderen Hochblättern oder Spelzen umgeben werden. Perigon rudimentär. Laubblätter meist sehr schmal (Grasblätter).

§ 39.

Agrostideae. Aveneae. Festuceae. Hordeae. Dieselben gehören zur Fam. Gramineae, welche bereits im § 13 charakterisiert wurde.

Unterfam. Agrostideae. Mit einblütigen Aehrchen ohne Ansatz zur 2. Blüte, mit Hüll- und Deckspelzen; letztere viel zarter als erstere,

Agrostis alba L. Fioringras. (Abb. 149). Mit flachen Blättern und langvorgezogenen Blatthäutchen. Rispe während der Blüte pyramidal mit spreizenden Zweigen, nach der Blüte schmal zusammengezogen. Auf den Dünen besonders an feuchten Stellen die var. maritima G. Meyer. Mit niedrigeren, aufsteigenden Halmen, steiferen, bläulich grauen Blättern und mit meist zusammengezogener Rispe. — Kurische und frische Nehrung zerstreut und sonst auf Dünen der deutschen Küsten.



Abb. 150. Weingaertneria canescens. a. Geschlossene Rispe vor d. Blüte; b. dieselbe zur Blütezeit geöffnet; c. blühendes Aehrchen; d. Deck- und Vorspelze nebst keulenförmiger Granne; e. keulenförmige Granne; f. Staubblätter und Stempel (nach Garcke).

Phleum arenarium L. Mit ährenähnlicher, länglich eiförmiger Rispe und in kurze Grannen auslaufenden, lanzettlichen, am Kiel steifhaarigen Hüllspelzen. Halm 5—20 cm hoch. Auf Dünen der friesischen Inseln häufig.

Ammophila arenaria, A. baltica und Calamagrostis epigea wurden bereits in den §§ 14—16 erörtert.

Unterfam. **Aveneae.** Mit meist mehrblütigen Aehrchen. Die meist kürzere Deckspelze begrannt. Gekniete Granne rückenständig, seltener endständig.

Weingaertneria canescens (L.) Bernh. (Corynephorus canescens Pal. d. B.) (Abb. 150). Graugrünes, niedriges, sehr dicht buschiges, feinblättriges Rispengras mit meist zwei-, selten dreiblütigen Aehrchen. Deckblatt mit einer keulenförmigen, in der Mitte gegliederten und mit einem Haarkranz umgebenen, stumpfen Granne.

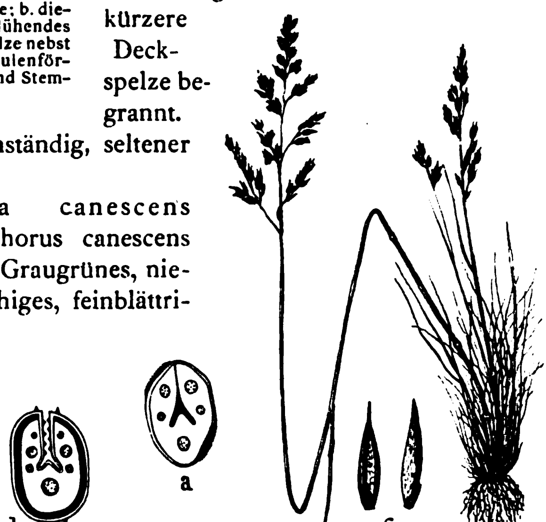


Abb. 151. Festuca ovina, Schafschwingel.
a. Querschnitt durch das geschlossene Blatt; b. Querschnitt durch das offene Blatt; c. Blüte von der Innen- und Aussenseite. (Nach Wittmack.)

Die kurzen Staubblätter sind meist violett. Ist durch die feinen, pfriemlich eingerollten Blätter, deren Scheiden meist zart rosafarben sind, sehr ausgezeichnet. Besonders auf der grauen Düne sehr verbreitet.

Unterfam. **Festuceae.** Mit Hüllspelzen, die kürzer als die meist endständig ungekniet begrannten Deckspelzen sind.

Poa pratensis L. Wiesen-Rispengras. Rispe pyramidal mit 5 grundständigen, abstehenden, schärflichen Zweigen. Die eiförmigen Aehrchen drei- bis fünfblütig. Deckspelzen mit fünf deutlichen Nerven, auf dem Rücken dicht kurzwollhaarig und am Grunde mit langen Wollhaaren verbunden. Blatthäutchen kurz gestutzt. Halm meist rund, seltener seitlich etwas zusammengedrückt, mit langen Ausläufern. Auf den Dünen nur die Varietät c. angustifolia Sm. mit schmalen, zusammengerollten unteren Blättern.



Abb. 152. Festuca rubra. Roter Schwingel.
a) oberer Teil der Blattscheide mit Blatthäutchen (Ligula); b) Querschnitt durch das geschlossene Blatt; c) Querschnitt durch das offene Blatt; d) Blüte von innen mit geschlossenen Spelzen. (Nach Wittmack.)

Festuca ovina L. Schafschwingel. (Abb. 151). Rispe meist einseitswendig mit 1 oder 2 grundständigen, rauhen Aesten. Aehrchen mehrblütig (4—8) mit begrannten oder unbegrannten, lanzettlichen Spelzen. Die Blätter haarartig fein, stets zusammengefaltet (Abb. 151 a und b) mit einer zusammenhängenden dicken Sklerenchymschicht unter der Epidermis und 5—7 Gefässbündeln. Blatt auf dem Querschnitt mit meist ungefalteten Innenflächen. Auf grauen Dünen vorkommend.

F. rubra L. Roter Schwingel. (Abb. 152). Mit einseitig gewendeter Rispe und meist 2 grundständigen, rauhen Zweigen. Aehrchen 4—5blütig mit meist begrannten Deckspelzen. Blatthäutchen sehr kurz. Grundständige Blätter stets borstlich zusammengefaltet, die Stengelblätter stets flach. Der Blattquerschnitt zeigt auf den Innenflächen (Blattoberseite) jederseits 2 charakteristische Falten (Abb. 152 c und d). Das sklerenchymatische Gewebe in kantenständigen Bündeln am Kiel und zu drei jederseits. Entwickelt reichlich starke, kriechende Ausläufer als extravaginale Sprosse. Für die Dünenflora kommt haupt-

sächlich in Betracht die var. arenaria Osbeck (F. villosa Schweigg.). Mit dicht wollig behaarten, fast filzigen Aehrchen, die grösser und mehrblütiger als bei der Hauptform sind. Wurzelstöcke lang kriechend,



Abb. 153. Agropyrum repens. Grannenlose Strandform (Aehre).
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)



Abb. 154. Agropyrum repens. b glaucum. Blühende Aehre.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

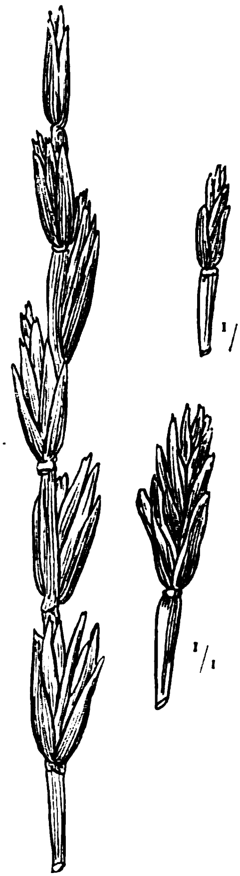


Abb. 155. Agropyrum junceum.
Links Aehre, rechts Spindelstücke mit einzelnen Aehrchen verschiedener Grösse.
(Originalzeichnung von B. Jos. Scholz.)

viele starke, rote Ausläufer entsendend. Die derben, steifen und fast stechenden, oberseits graugrünen, unterseits dunkelgrünen Laubblätter erinnern an diejenigen des Dünenweizens (Agropyrum junceum), von denen sie meist nur mikroskopisch unterschieden werden können.

Sehr gemein, besonders auf den Vordünen der kurischen und frischen Nehrung, wie am Ostseestrande überhaupt.

Unterfam. **Hordeae.** Mit zusammengesetzten Aehren. Aehrchen in meist zwei gegenüberstehenden Reihen an den Spindelzacken sitzend. Mit meist begrannten oder unbegrannten Deckspelzen.

Nardus stricta L. Borstengras. Mit zweizeiliger, einseitiger Aehre. Einblütige Aehrchen einzeln, ohne Hüllspelzen; Deckblätter in eine endständige Granne auslaufend. Mit nur einem Griffel und fadenförmiger Narbe. Blätter fadenartig fein und steifborstig, gefaltet. Sprossung intravaginal. Auf grauen Dünen.

Agropyrum repens (L.) Pal. de B., Quecke. Mit weit umherkriechendem Wurzelstock und flachen Blättern, die oberseits glatt und unterseits rauh sind. Aehrchen meist fünfblütig. Deckspelzen spitz, mit oder ohne Granne, die meist lang zu sein pflegt, wenn sie vorhanden ist. Aehrchenspindel zur Reifezeit nicht in einzelne Glieder zerfallend. Am Strande besonders in den Formen mit dichter und lockerer Aehre (Abb. 153). In der letzteren Abänderung sehr ähnlich dem Bastard A. junceum und repens fr. subrepens Marsson, aber an Standorten, wo A. junceum auf weiten Strecken fehlt. Besonders in Gebüschen am Strande. Die in Abb. 154 wiedergegebene Aehre gehört einer Varietät an, die der b. glaucum Doell nahe steht und bei kräftiger Tracht stark graugrün aussieht.

A. junceum Pal. de B., Binsen- oder Dünenweizen. Mit weitkriechendem, ausläuferbildendem Wurzelstock. Aehre steif mit dicker, nach der Reife in Glieder zerfallender Spindel. Aehrchen um die eigene Länge von einander entfernt, mit derben, stumpflichen Hüllspelzen, die neunnervig sind und gegen $^2/_3$ das Aehrchen decken. Kommt mit kürzeren und längeren Aehrchen vor, wie zwei Abbildungen (Abb. 155) zeigen. A. junceum findet sich meist auf den Vordünen oder am Fusse derselben, wo es kleine Horste zu bilden pflegt. Auf den Dünen des Ostseestrandes viel seltener als Festuca rubra b. arenaria und nur zerstreut vorkommend. Auf den nord- und ostfriesischen Inseln häufiger und meist kräftiger.

Elymus arenarius L. wurde bereits § 17 S. 211 erörtert.

§ 40.

Juncaceae. Liliaceae. Asparageae. (Fam. Cyperaceae. Bereits früher im § 18 S. 212 charakterisiert.)

Fam. Juncaceae. Blüten mit sechsblättrigem Perigon, einzeln oder in Rispen bezw. Spirren. Mit zwei- oder dreifächerigem, meist vielsamigem Fruchtknoten.

Juncus balticus Willd. (Abb. 156). Mit kriechenden Rhizomen, steifen und glatten Stengeln, deren Mark ununterbrochen ist. Die Spirre ist meist ausgebreitet. Die äusseren Perigonblätter sind stachelspitzig und etwa halb so lang als die glänzende, spitze, dreikantige Kapsel. An feuchten Stellen der Dünen, besonders an der Ostseeküste nicht selten. In den Dünenthälern der friesischen Inseln dagegen seltener.

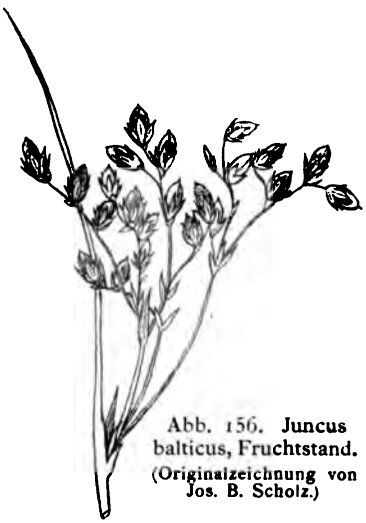


Abb. 156. Juncus balticus, Fruchtstand. (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

J. anceps Laharpe b. atricapillus (Drej. als Art) Buchenau. Mit kriechendem Wurzelstock und stets deutlich zusammengedrückten Stengeln und Laubblättern, sowie mit dicht zusammengezogenen steif aufrechten Spirren. Die dreikantige, eiförmige Kapsel mit den Perigonblättern von gleicher Länge. In den Dünenthälern der ostfriesischen Inseln nicht selten; wurde bisher am Ostseestrande nicht beobachtet.



Abb. 157. Luzula campestris. 1) Blühender Stengel; 2) Blüte; 3) dieselbe im Längsschnitt; 4) Pistill. (Nach Wossidlo.)

Luzula campestris DC. (Abb. 157). Aehre der einfachen Spirre vielblütig, einzelne lang gestielt und überhängend. Der Stengel beblättert; Blätter flach, lang gewimpert. Treibt kurzbogige Ausläufer. Kommt auf der grauen Düne und auf Heiden in lockeren Rasen vor.

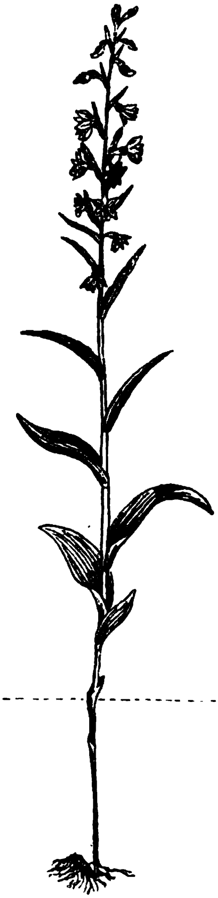
Fam. **Liliaceae.** Mit sechsblättrigem oder einblättrigem, sechszipfligem, meist lebhaft gefärbtem Perigon und gewöhnlich oberständigem Fruchtknoten. Meist Zwiebelgewächse.

Unterfam. **Asparageae.** Blüten mit tief sechsteiligem Perigon, einzelne in dolden- oder rispenförmigen Inflorescenzen, auf gegliederten Stielen. Stengelblätter winzig, mit blattartigen Zweigen (Phyllocladien) in den Achseln. Fruchtknoten oberständig. Wurzelstock schief aufsteigend mit vielen senkrechten seitlichen Sprossen.

Asparagus officinalis L. Spargel. Die grünlichweissen Blüten mit sechsteiligem, glockenförmigem Perigon, dessen Lappen abgerundet sind. Frucht eine sechssamige, dreifächerige, rote, kugelrunde Beere. — Stengel bis 0,50 cm hoch und höher, krautartig mit sehr kleinen, dünnen Blättern, in deren Achseln Büschel nadelförmiger, grüner Zweige stehen.

Auf Dünen hin und wieder. Auf der kurischen Nehrung bei Sarkau bereits vor langer Zeit als wildwachsend beobachtet.*)

Orchidaceae. Blütenstand ähren- oder traubenförmig. Blüten mit unterständigem, meist spiralig gedrehtem Fruchtknoten, in den Achseln einfacher Tragblätter, aus 3 + 3 blumenkronartigen Perigonblättern gebildet, zygomorph und zweilippig. Das unpaare Blatt des inneren Perigonkreises bildet die verschieden gestaltete, ursprünglich oben situierte Unterlippe, der gegenüber sich ein fertiles Stamen mit zwei Fächern befindet. Die übrigen Staubblätter meist verkümmert. Der Blütenstaub ist mit Viscin zusammengeklebt und bildet in jedem Fache eine zusammenhängende Masse (Pollinium). Das fruchtbare Staubblatt ist mit der Griffelsäule verwachsen, und die Narbe befindet sich auf der Säule unter dem Staubblatt. Die Frucht ist eine aus drei Fruchtblättern entstandene Kapsel, die in Längsrissen aufspringt und sehr viele, ausserordentlich kleine Samen enthält. Meist knollentragende, ausdauernde Kräuter, seltener mit Rhizomen.





a



b

Abb. 158. Epipactis rubiginosa
a) Vorderansicht der Blüte; b) Unterlippe. Die punktierte Linie giebt die Erdoberfläche an.
Originalzeichnung des Verf.)

Epipactis rubiginosa Gaud. (Abb. 158). Mit trübpurpurrotem, bis 0,60—1 m hohem, tief im Sande steckendem, oberwärts kurz behaartem Stengel und kurzem, schiefem Wurzelstock. Untere Blätter schuppenförmig, kurz eiförmig, mittlere länglich eiförmig, länger als ihre Internodien, meist purpurrot überlaufen, dunkelgrün, obere allmählich kleiner und schmäler werdend und in

*) Loesel: Flora Prussica 1654 und ed: II. curante Joh. Gottsched. Regiomonti 1703, p. 20, Num. 41.

die Tragblätter übergehend. Aehre locker, meist verlängert mit dunkelroten, nach Vanille duftenden Blüten, mit herzförmigem unterem Felde der Unterlippe (Fig. a, b) und zwei faltig krausen Schwielen. Fruchtknoten und Aehrenspindel kurz behaart. Auf Dünen der kurischen und frischen Nehrung und bis Vorpommern vereinzelt, aber meist nicht selten.

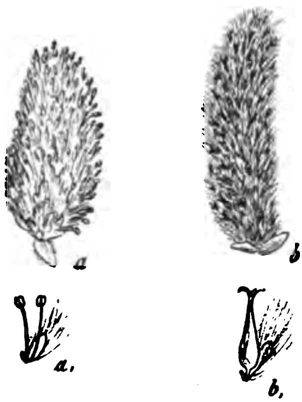


Abb. 159. Salix daphnoides a) männliches Kätzchen; a,) männliche Blüte; b) weibliches Kätzchen; b,) weibliche Blüte.

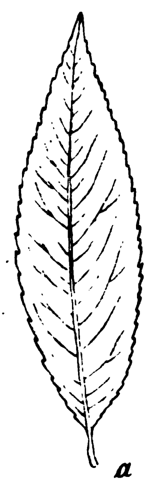
E. latifolia All. mit breiteren und grösseren Blättern, hellen, braun überlaufenen Blüten, findet sich in Dünenwaldungen; desgleichen E. palustris Crantz mit eiförmig länglichen, unteren und lanzettlichen, oberen Stengelblättern und weissen, rosa angeflogenen, einseitswendigen Blüten; in sumpfigen Dünenthälern am Ost- und Nordseestrande zerstreut. In Dünenthälern finden sich öfter noch andere Sumpforchideen, wie z. B. Microstylis monophyllus Lindl., Liparis Loeselii etc., die hier aber nicht berücksichtigt werden können.

§ 41.

Dicotyledoneae. 2. Unterklasse: Dicotyledoneae, Dicotylen. Zweikeimblättrige Phanerogamen. Am Embryo befinden sich gewöhnlich zwei Keimblätter (Cotyledonen), selten nur ein oder mehrere Keimblätter. Der Stamm besitzt offene Gefässbündel. Die Blätter einfach oder zusammengesetzt, mit meist netzförmiger oder fiederförmiger Aderung.

1. Reihengruppe: Archichlamydeae. Mit fehlender, wenig oder mangelhaft entwickelter Blütenhülle, die getrenntblättrig sein oder auch gänzlich fehlen kann.

Fam. **Salicaceae, Weiden.** Zweihäusige Holzpflanzen mit periodischem Laubwechsel. Blätter meist



Ah.b 160a. Salix daphnoides Blatt der typischen Form (verkleinert). (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)



Abb. 160b. Salix daphnoides fr. angustifolia Anders. (pommeranica Willd.) schmalblättrige Form. (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

spiralig angeordnet, einfach und meist ungeteilt, aber mit charakteristischen Nebenblättern. Blüten meist ohne Perigon, aber an der Insertion der Staubblätter oder Fruchtknoten entweder mit Honigdrüsen oder mit kurz becherförmiger Scheibe (Diskus). Stamina zwei und mehr. Fruchtknoten meist gestielt und mit zwei Narben. Frucht



Abb. 161. Salix daphnoides fr. latifolia, Zweigspitze der breitblättrigen Form. (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

eine vielsamige Kapsel mit zwei (selten vier) Klappen aufspringend. Samen ohne Endosperm und mit nur wenige Stunden dauernder Keimfähigkeit; am Grunde mit weisswolligem Haarschopf, der als Flugapparat dient.

Salix daphnoides Vill. (Abb. 159 bis 161). Kätzchen vor den Blättern erscheinend und bereits anfangs April in Blüte (die im Nordosten Deutschlands am frühesten blühende Weide). Tragblätter an der Spitze dunkel gefärbt, langwollig und zottig behaart. Männliche Blüte mit zwei Staubblättern (Abb. 159a). Weibliche Blüte (Abb. 159b) mit einem kurzgestielten, eikegelförmigen, kahlen Fruchtknoten, dessen Stiel etwa $1^1/_2$ mal so lang als die Honigdrüse ist. Griffel noch einmal so lang als der Kapselstiel. Narben länglich, gelblichgrün,

ungeteilt. Grösserer oder kleinerer Strauch, seltener kleiner Baum mit dunkelroten bis violetten, glänzenden, zweijährigen Zweigen und grauen, älteren Aesten. Erstere meist leicht blau bereift, doch tritt der Reif erst beim Trocknen deutlich hervor. Die derben, oberseits stark glänzenden, hellgrünen Blätter sind (Abb. 160a) unterseits mehr oder weniger matt oder blaugrün, schmal oder breitlanzettlich mit knorpelig gesägtem Rande. Nebenblätter eiförmig, gesägt und kurz zugespitzt. Eine Form mit schmal lanzettlichen Blättern wurde als fr. angustifolia Anders. (pommeranica Willd.) benannt (Abb. 160b), während fr. latifolia Kerner (Abb. 161) breitelliptische Blätter besitzt. Beide finden sich auf den Dünen am Ostseestrande. Desgleichen die baumartige Abänderung fr. pulchra (Wimm. als Art) mit dickeren, aufrechten Zweigen und unterseits nicht blaubereiften Blättern.

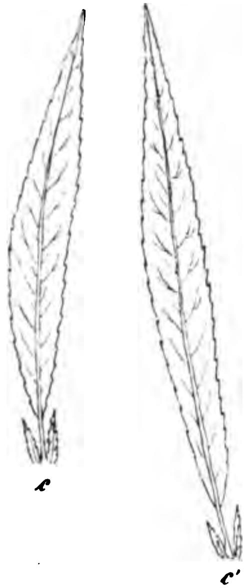


Abb. 162. Salix acutifolia Blätter mit Nebenblättern c c' (Originalzeichnung des Verfassers).

Von dieser Art dürfte die aus dem südöstlichen Russland stammende, auf Sandflächen oft kultivierte, schmale und spitzblättrige S. acutifolia Willd. (S. pruinosa Wendl.) (Abb. 162 und 163) kaum spezifisch verschieden sein, obgleich ihre Nebenblätter meist länger und spitzer sind und ihre Zweige vielfach überhängen; auch die Narben pflegen etwas kürzer zu sein.

Die Gebüsche der S. daphnoides besitzen einen strengen Geruch, der beim Trocknen der Zweige dem Papiere lange anhaftet und nach Marsson (Fl. v. Neu-Vorp. S. 436) von Salicylaldehyd oder der salicyligen Säure herrührt. — S. daphnoides bildet u. a. mit S. repens Bastarde.

S. viminalis L. Korb- oder Bandweide (Abb. 164). Kätzchen vor den Blättern völlig entwickelt, anfangs sitzend, später kurz gestielt. (Abb. 165). Tragblätter kürzer als die Kapseln, an der Spitze schwarz, im übrigen dicht und kurz wollfilzig behaart und zottig. Stamina zwei. Fruchtknoten sehr kurz

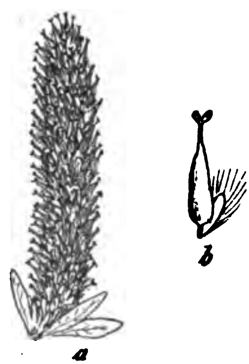


Abb. 163. Salix acutifolia. a) weibliches Kätzchen, b) weibliche Blüte.

gestielt, fast sitzend, eiförmig-lanzettlich. Honigdrüse fast halb so lang als der filzig behaarte Fruchtknoten; letzterer mit langem Griffel und ungeteilten, an der Spitze zurückgebogenen, fädlichen Narben. — Ansehnlicher Strauch (auf den Dünen baumartig nicht bemerkt) mit schlanken, biegsamen, unterwärts kahlen, an der Spitze kurz behaarten, gelbgrünen Zweigen. Blätter oberseits dunkelgrün und schwach behaart, unterseits seidenartig schimmernd, von schmallanzettlicher oder fast lineal-lanzettlicher Form mit meist zurückgerollten Rändern. Auf den Dünen zerstreut. Bildet u. a. Bastarde mit S. repens und S. purpurea, S. caprea, S. cinerea und S. aurita.



Abb. 164. Salix viminalis. Beblätterter Zweig. (Nach F. Schwarz.)

S. nigricans Sm. (Abb. 166 u. 167). Kätzchen vor den Blättern erscheinend, auf beblätterten Stielen. Tragblätter eiförmig, filzig behaart, an der Spitze meist schwärzlich oder bräunlich. Männliche Blüte mit zwei Staubblättern. Weibliche Blüte mit meist langgestieltem Fruchtknoten. Die Drüse etwas ausgerandet oder gestutzt, kürzer als der oft dreimal längere Fruchtknotenstiel. Fruchtknoten kahl oder behaart, aus eiförmigem Grunde lang zugespitzt, mit langem Griffel und ausgebreiteten, meist geteilten Narben (Abb. 166b). Aufgesprungene Kapsel mit schneckenförmig zurückgerollten Klappen. Auf den Dünen meist niedriger Strauch, an feuchteren Stellen höher, aber selten baumartig, mit aufrechten, dunkelroten oder grünen, an der Spitze meist behaarten Zweigen. Blätter schmal bis breit lanzettlich, eiförmig, verkehrt eiförmig oder

lang elliptisch mit kerbig gesägtem oder etwas welligem Rande, oberseits dunkelgrün, matt oder glänzend, unterseits verkahlend, kahl oder dicht behaart, zuweilen auch blaugrün (Abb. 167). Sie werden beim Trocknen leicht schwarz, was auch bei verwelkenden Blättern zu beobachten ist. Nebenblätter halbherzförmig, gesägt. Eine hinsichtlich der Blattform und Behaarung, Grösse u. s. w.

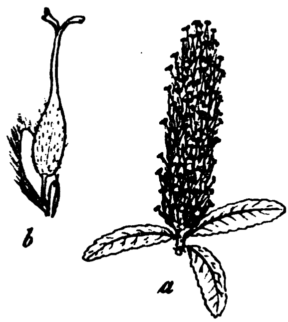


Abb. 166. Salix nigricans
a) weibliches Kätzchen, b) weibliche Blüte.
(Originalzeichnung des Verf.)

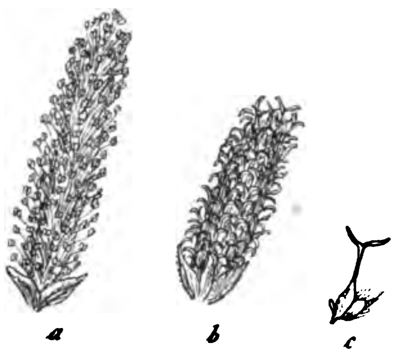


Abb. 165. Salix viminalis
a) männliches Kätzchen, b) weibliches Kätzchen, c) weibliche Blüte.
(Originalzeichnung des Verf.)

sehr vielgestaltige und veränderliche Weide. In Dünengehölzen der Ostsee, sowie auf Dünen zerstreut. Auch im Binnenlande in Nordostdeutschland nicht selten.

S. caprea L. Sol- oder Salweide (Abb. 168). Blüten vor Entfaltung des Laubes. Männliche Blüte mit zwei Staubblättern. Weibliche Blüte mit eiförmigen, weissfilzig behaarten, gestielten Fruchtknoten und kurzem Griffel. Narben meist gespalten. Drüsen kürzer als der Fruchtknotenstiel. Meist baumartig, seltener in Strauchform. Mit kahlen, meist glänzenden, dicken Zweigen, die nur in der Jugend spärlich behaart sind. Knospen gross, braun und kahl (Abb. 169). Blätter dick, lederartig, oberseits glänzend, unterseits weissfilzig, am Rande wellenförmig gekerbt, von breit eiförmiger oder ellip-

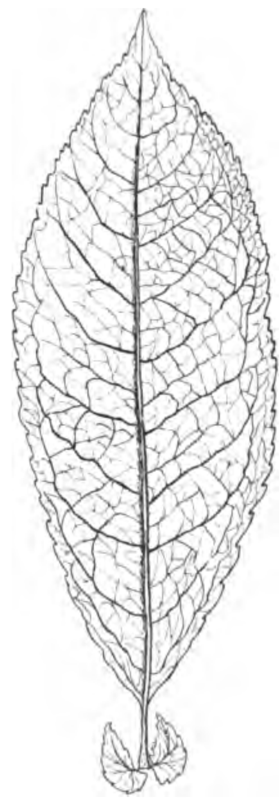


Abb. 167. Salix nigricans
Blatt mit Nebenblättern.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

tischer Gestalt mit meist zur Seite gebogener Spitze. Nebenblätter nierenförmig. Vereinzelt in Dünenplantagen.

Ausser der Salweide kommen auch noch S. cinerea und S. aurita L. besonders an feuchteren Stellen der Dünen in zerstreuten Büschen vor.

S. repens L. (Abb. 170). Die kurz cylindrischen, fast sitzenden Kätzchen blühen kurz vor Entfaltung des Laubes. Männliche Blüte mit zwei Staubblättern und gelben Antheren, die nach dem Verstäuben schwarz werden, und eiförmigen, dunkelpurpurnen, behaarten Tragblättern. Weibliche Blüte mit langgestieltem, meist seidig behaartem, seltener kahlem, eiförmigem Fruchtknoten, sehr kurzem Griffel, kurzen roten oder gelben, geteilten Narben. Drüsen etwa um $^1/_3$ kürzer als der Fruchtknotenstiel. — Niedriger, selten bis 1,50 m hoher Strauch mit unterirdisch kriechendem Stamm und meist braunroten, selten gelben, kahlen oder weissbehaarten, dünnen Zweigen. Aeste meist bogig aufsteigend. Blätter klein, lineal-lanzettlich bis breitoval, mit meist zurückgekrümmter Spitze, oberseits oft verkahlend, unterseits dicht angedrückt weissseidig filzig mit oft umgerollten, spärlich gesägten Rändern. Eine sehr formenreiche Weide, die auf den Dünen meist in stärker behaarten Formen als im Binnenlande auftritt. Die wesentlichsten Formen nach der Blattgestalt sind:

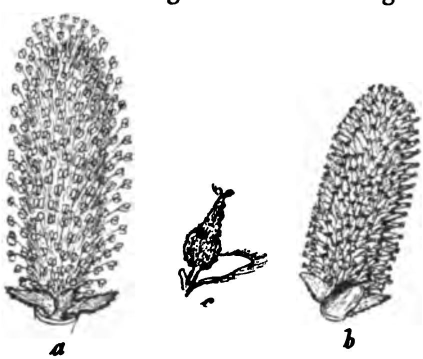


Abb. 168. Salix caprea
a) männl. Kätzchen, b) weibl. Kätzchen, c) weibl. Blüte.
(Originalzeichnung des Verf.)

a) argentea (Sm. als Art. S. arenaria L.) (Abb. 171). Mit breit eiförmigen, beiderseits weissfilzig behaarten Blättern, die namentlich im Schattenstande ganz besonders gross werden können und fr. latifolia genannt zu werden verdienten. (Ab. 172). Auf Dünen der frischen Nehrung bei Neukrug beobachtet. Im allgemeinen ist:

a) argentea Sm. auf Dünen weit verbreitet.

b) fusca Sm. (als Art). Mit elliptischen, unterseits weiss seidig filzigen, oberseits weniger dicht behaarten, meist trübgrünen Blättern und dunkelbraunen, behaarten Zweigen. Meist ein sehr niedriger, kleine Büsche bildender, stark verästelter Strauch (Abb. 173). Auf grauen Dünen beider Nehrungen verbreitet.

S. repens bildet mit den meisten der beschriebenen Weiden

Bastarde. Der bemerkenswerteste davon ist S. daphnoides × repens (S. Patzeana Anders*) (Abb. 174 bis 176). Kätzchen kurz cylindrisch, vor den Blättern erscheinend, schlanker und länger als bei S. repens. Fruchtknoten aus eiförmigem Grunde allmählich zugespitzt, kahl oder reihenweise spärlich behaart. Narben meist ungeteilt, abstehend oder aufgerichtet. — Ein mittelgrosser, etwa 1 bis 1,70 m hoher Strauch mit meist dunkelpurpurroten, schwach oder gar nicht bereiften, oberwärts mehr oder weniger dicht behaarten Zweigen**) und aufsteigenden Aesten. Blätter lederartig steif, schmallanzettlich bis breitelliptisch, mit meist mehr oder weniger dicht und scharf gesägtem Rande. Oberseits mässig, unterseits seidig filzig behaart. Schwankt besonders in der Blattform, worauf bereits Wimmer und Andersson hinweisen.



Abb. 169. Salix caprea. Beblätterter Zweig. (Nach F. Schwarz.)



Abb. 170. Salix repens
a) männliches Kätzchen,
b) weibliches Kätzchen,
c) weibliche Blüte.

*) Zu Ehren des um die preussische Flora und um die Kenntnis der Weiden hochverdienten Apothekers und Stadtältesten Carl August Patze, gestorben zu Königsberg 1892, benannt.

**) Der blaue Reif auf den Zweigen tritt meist beim Trocknen deutlich hervor.

Beobachtet:

a) parvifolia Wimm. Mit kleineren, unterwärts graugrünen Blättern, die oberseits kahl sind (Abb. 174).

b) latifolia Wimm. Mit grösseren, unterseits seidenartig filzigen, oberseits schwach und weich behaarten Blättern, die im Jugendzustande silberartig weiss sind. Diese Form dürfte



Abb. 171. Salix repens a) argentea Sm. Zweigspitze der typischen Form. (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)



Abb. 172. Salix repens a) argentea Sm. Zweigspitze einer breitblättrigen Form. (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

wohl der S. daphnoides × argentea-repens C. Bolle entsprechen (Abb. 176).

Auf den Dünen der kurischen Nehrung bei Schwarzort und Sandkrug (leg. Knoblauch, Bethke 84), Dünen bei Sarkau und Neuhäuser (legi 82). Wahrscheinlich rühren die Patzeschen Funde, die Wimmer und Andersson vorlagen, auch aus dieser Gegend her, da Fischhausen die nächste Stadt ist, und Patze wohl nur deshalb diesen Ort angab. — Frische Nehrung südlich und nordwestl. von Neutief mehrfach (legi 1898).

S. purpurea L. Purpurweide (Abb. 177 und 178). Mit schlanken, cylindrischen Kätzchen, die sich vor der Laubentfaltung

entwickeln, anfangs sitzend, später kurzgestielt. Männliche Blüte mit 2 Staubblättern, deren Filamente bis zur Spitze verwachsen sind, sodass sie den Anschein eines einzigen Stamens erwecken. Antheren anfangs gelb, nach dem Verstäuben schwärzlich. Tragblätter der Blüten oberwärts dunkelpurpurrot, fast schwärzlich, behaart. Weibliche Blüte mit sitzendem, kurzeiförmigem, filzig behaartem Fruchtknoten, mit sehr kurzem Griffel mit kleinen, eiförmigen, geteilten



Abb. 173. Salix repens L. b) fusca Sm.
Beblätterter Ast.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Narben. Drüse sehr kurz. Niedriger Strauch, auf den Dünen wohl nie baumartig, mit ausgebreiteten, dünnen, kahlen, graugrünen oder braunrötlichen und zähen Zweigen mit gelblich grüner Innenrinde und oft gegenständigen, kahlen Knospen und Blättern (Abb. 178). Blätter etwas derb, oft klein, kahl, spatelförmig oder verkehrt lanzettlich, am Grunde keilförmig und ganzrandig, oberwärts entfernt gesägt und kurz zugespitzt; die Blattoberseite etwas bläulichgrün, schwach glänzend, die Unterseite meist blaugrün. Die Pupurweide bildet mit S. viminalis, S. repens und S. caprea, seltener

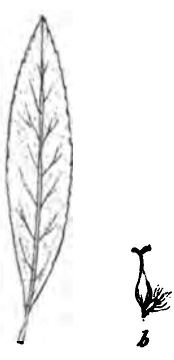


Abb. 174. Salix daphnoides×repens (S. Patzeana Anders.) fr. parvifolia.
a) Blatt, b) weibliche Blüte.
(Originalzeichnung d. Verf.)



Abb. 175. Salix daphnoides × repens (S. Patzeana Anders.)
Etwas breitblättrige Form.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

mit anderen Weiden leicht kenntliche Bastarde. Auf den Dünen kommt sie meist in niedrigen, ziemlich dichten Sträuchern vor. — Ausser diesen erörterten Weiden kommen auf Dünen gelegentlich auch S. alba, S. fragilis, S. amygdalina, S. dasyclados und S. pentandra, letztere an feuchteren Stellen vor.



Abb. 176. Salix daphnoides × repens (S. Patzeana Anders.) fr. latifolia.
a) Zweigspitze, b) männliches Kätzchen, c) weibliches Kätzchen.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)



Abb. 177. Salix purpurea
A. Zweigspitze. a) männliches Kätzchen. b) männliche Blüte, c) weibliches Kätzchen, d) weibliche Blüte, e) Pistill.
(Originalzeichnung d. Verf.)

§ 42.

Populus tremula L. Espe, Aspe, Zitterpappel. Einhäusiger Baum, selten strauchartig, mit rundlicher Krone, lange glatt bleibender, grünlich grauer Rinde, die erst in den unteren Teilen alter Stämme rhombisch getäfelte Borke bildet. Wurzelbrut reichlich. Jüngere Aeste meist kahl und die Triebspitzen sehr spärlich behaart. Knospenschuppen etwas harzig, gross, dunkelbraun. Blattfläche rundlich, kurz zugespitzt, an älteren Zweigen meist kahl, seltener beiderseits behaart und länglich rhombisch zugespitzt, stets buchtig gezähnt, oberseits matt dunkelgrün, unterseits heller. Hiervon sind die Blätter der Adventivsprosse sehr verschieden durch ihre Grösse und durch die herzförmige oder drei-

eckige Gestalt; auch sind diese meist zottig behaart, verkahlen aber später. Die Kätzchen sind hängend. Die männliche Blüte besitzt acht **Stamina** mit purpurnen Antheren. Weibliche Blüten mit spitz kegelförmigen, kahlen Fruchtknoten. Die braunen, häutigen Tragblätter der Blüten sind tief gezähnt und dicht bewimpert. In Dünenwaldungen meist eingesprengt.

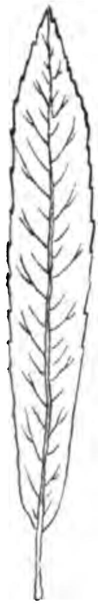


Abb. 178. Salix purpurea Blatt (1/1). (Originalzeichnung d. Verfassers.)

§ 43.

Chenopodiaceae. Alsinaceae. Ranunculaceae.

Fam. Chenopodiaceae. Meist einjährige Kräuter (Salzpflanzen) mit unscheinbaren Zwitterblüten und bis fünf Staubblättern. Blütenstände rispen- oder ährenförmig oder zapfenähnlich. Frucht oft von Vorblättern umschlossen. Embryo ring- oder hufeisenförmig, das Perisperm umfassend. Blätter meist kahl, verschiedengestaltig, fleischig.

Corispermum intermedium Schweigg. (Abb. 179). Wanzensame. Einjährige, reichverzweigte, bis 40 cm hohe, zottig behaarte, graugrüne, zuweilen purpurrot gestreifte Pflanze mit linealischen, zugespitzten Blättern. Aehren aufrecht, die endständigen grösser als die seitenständigen. Tragblätter lanzettlich bis eiförmig mit dünnhäutigem Rande. Frucht kurz elliptisch oder fast kreisrund mit ganzrandigem, halbdurchscheinendem Flügel, an der Spitze nicht tief ausgeschnitten mit 2 kleinen Spitzchen, sonst ganzrandig. Auf Dünen der kurischen Nehrung bei Sarkau be-

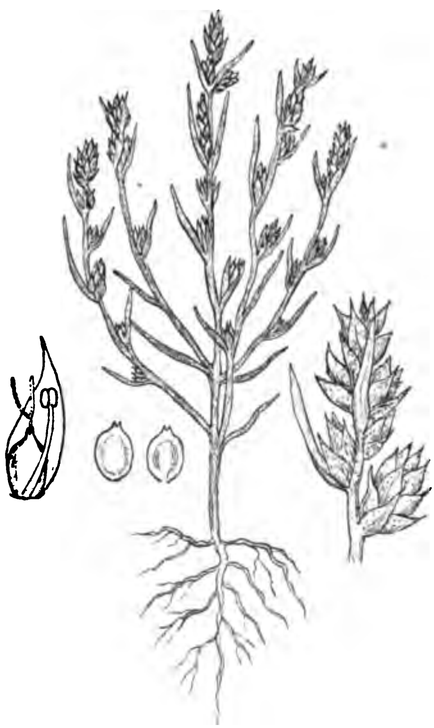


Abb. 179. Corispermum intermedium
Rechts Zweigspitze, vergrössert. Links Blüte und 2 Früchte.
(Originalzeichnung d. Verfassers.)

reits vor 1654 durch Loesel entdeckt, später von Schweigger beschrieben, kommt auf dem ganzen Dünenzuge sowohl der kurischen als auch der frischen Nehrung zerstreut vor.

Salsola Kali L. (Abb. 180). Reich verzweigtes, dorniges, kurzborstiges oder kahles Kraut mit niederliegenden oder aufsteigenden



Abb. 180. Salsola Kali; Zweigspitze mit Früchten.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Aesten. Blätter dunkelgrün dreikantig, pfriemlich, stechend spitz. Auch die Vorblätter dornig stechend und länger als die Blütenhülle. Letztere bis auf den Grund fünfteilig, auf dem Rücken der Lappen quergeflügelt oder nur mit einem rötlichen, wulstartigen Saum umgeben. Auf dem Sandstrande, am Fusse der Vordüne und selbst bis auf die weisse Düne vordringend. Am Strande meist in der fr. vulgaris Koch mit kräftigen, aus breitem Grunde stachelig zugespitzten, steifen und stechenden Blättern.

Fam. **Alsinaceae.** Mit meist zwittrigen, fünfzähligen Blüten und oberständigem Fruchtknoten. Frucht eine an der Spitze aufspringende Kapsel. Blätter gegenständig.

Ammadenia peploides Rupr. (Honckenya peploides Ehrh.) (Abb. 181 u. 182). Niedrige, reichverzweigte, fleischige, kahle, gelbgrüne Pflanze, deren Stämme vielfach vom Sande begraben werden, mit über meterlangen, bindfadendünnen Wurzeln. An unterirdischen, kriechenden Grundachsen entwickeln sich reichlich kurze, kleinblättrige Sprosse. (Abb. 182). Die oberirdischen Zweige aufrecht mit eiförmig zugespitzten, vierzeilig angeordneten Blättern insbesondere bei sterilen Pflanzen dicht besetzt und der ganze Zweig etwas schlank pyramidenförmig. Die kurzgestielten Blüten mit fünf weissen Blumenblättern in den oberen Blattachseln. Kelchblätter eiförmig. Reife Kapsel gelblichgrün, etwa von der Grösse einer Erbse. Samen birnförmig, braun und glänzend.



Abb. 181.
Ammadenia peploides.
a) Blüte, b) Frucht, c) Samen.
(Nach Garcke.)

Auf dem Sandstrande und auf den Vordünen sehr häufig. An Durchbruchstellen der Dünen sind die langen, braunen Wurzeln und Grundachsen am deutlichsten wahrzunehmen.



Abb. 182. Ammadenia peploides. Fruchtende Pflanze mit unterirdischem Stamm- und Wurzelsystem.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Arenaria serpyllifolia L. Mit eiförmigen, fünfnervigen, spitzen, kleinen Blättern, aufrechten, gestielten Blüten, deren weisse Blumenblätter kürzer als der Kelch sind; kommt auf Dünen öfter vor; desgleichen Cerastium semidecandrum L., dessen Deckblätter und Kelchblätter häutig berandet sind. Die ganze Pflanze meist reichdrüsig mit eiförmigen, gegenständigen Blättern.



Abb. 183. Cakile maritima.
Blühende und fruchtende Pflanze.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Fam. **Ranunculaceae.** Krautartige Pflanzen mit spiralig angeordneten, oft vielfach zerschnittenen Blattflächen und mehrzähligen, oft fehlenden Blumenkronen, mit zahlreichen Staub- und Fruchtblättern.

Thalictrum minus var. dunense (Du Mort. als Art) Buchenau. Mit aufrechtem Stengel und kriechendem, ausläuferartigem Wurzelstock, spreizenden Aesten, drüsig behaarten, unterseits grauen Blättern und achtrippigen Früchten.

Auf den inneren Dünen der ost- und westfriesischen Inseln.

§ 44.

Cruciferae. Rosaceae. Papilionaceae.

Fam. Cruciferae. Blüten mit 4 Kelch- und 4 Blumenblättern, 6 Staubblättern, wovon 4 lang und 2 kurz sind, und mit Schotenfrüchten. Blätter spiralig angeordnet. Blütenstand traubig.

Cakile maritima Scop. Meersenf (Abb. 183). Stark verästeltes, kahles, fleischiges Kraut, mit leicht brüchigen, am Boden oft niederliegenden Aesten und fiederspaltigen, fleischigen Blättern, deren Zipfel leistenförmig und abgerundet stumpf sind. (Abb. 184). Blumenblätter violettrot. Schoten zweigliedrig, zweisamig, mit kreiselförmigem, am Schotenstiel verbleibendem Gliede und mit einem viel grösseren, vierkantigen, korkartigen, spiessförmigen oberen Gliede. Wurzel sehr tief gehend, über 1 m lang. Auf dem Sandstrande und in den Dünen

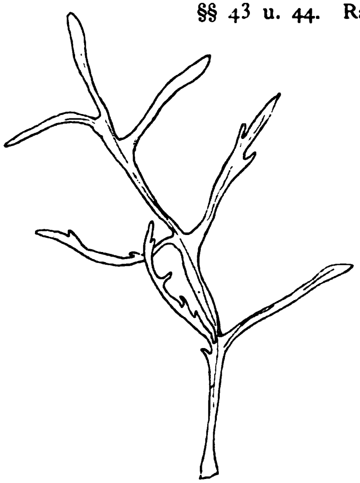


Abb. 184. Cakile maritima, Blatt. (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

weit verbreitet, meist einzeln. Nach der Fruchtreife löst sich das obere Glied der Schote leicht ab und wird vom Winde über den Dünensand weit fortgeführt.

Crambe maritima L., eine kräftige bis 60 cm hohe, verzweigte Pflanze mit graugrünen, grossen, eiförmigen, krausen Blättern und mittelgrossen, weissen Blüten, ist auf den Dünen und auf dem Sandstrande der norddeutschen Küste sehr selten und unbeständig.

Fam. **Rosaceae.** Kräuter und Sträucher mit spiralig angeordneten, meist gefiederten Blättern und mehrblättrigen Kelchen und Blumenkronen. Früchtchen nicht aufspringend und der becherartigen Blütenachse aufsitzend.

Rosa pimpinellifolia L. (R. spinosissima Sm.) Dünenrose (Abb. 185 u. 186). Mit unterirdischem, stark verzweigtem Stamm, dessen Zweige (nach Buchenau) nur 10—20 cm aus dem Dünensande hervorragen. Die Wurzeln weithin kriechend und reichlich mit Adventivknospen versehen, aus der sich Wurzelbrut entwickelt. Die Zweige sehr dicht abstehend, feinstacheligmit eingestreuten, etwas dickeren Stacheln. Stengelblätter meist dreipaarig mit eiförmigen, scharf gesägten Blättchen. Blumenblätter weiss, aussen mit rosa Anflug. Frucht kugelig, von der Grösse einer kleinen Kirsche, schwärzlich oder schwarzrot (Knuth) und mit linealischen, ganzrandigen Kelchblättern. (Abb. 186c). Auf den Dünen der ostfriesischen Inseln für Norderney charakteristisch; ausserdem auf Juist und Spiekeroog, sowie auf

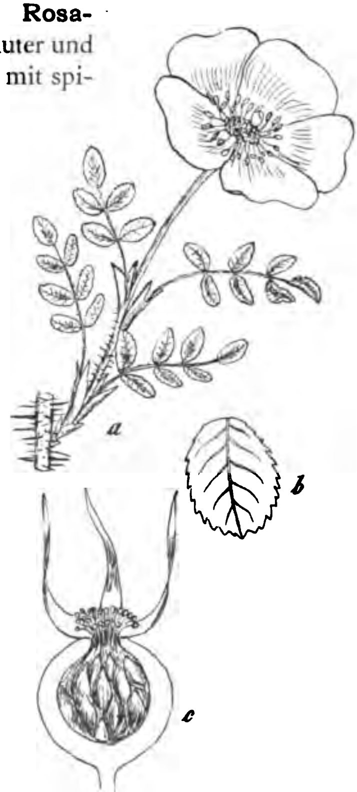


Abb. 185 u. 186. Rosa pimpinellifolia, Dünenrose. a) Blütenzweig, b) Blättchen, c) Frucht im Längsschnitt. (Originalzeichnung des Verf.)

den nordfriesischen Inseln Röm, Sylt (Lister Dünen) und Amrum, auch auf den westfriesischen Inseln Amelung, Terschelling und Texel.



Abb. 187. Anthyllis Vulneraria b. maritima, Strand-Wundklee.
Blühende Pflanze, rechts oben ein Kelch. (2/3.)
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Fam. **Papilionaceae.** Kräuter oder Sträucher mit meist traubigen oder kopfigen Blütenständen und zwittrigen, zygomorphen Schmetterlings-Blüten. Kelch meist zweilippig, fünfzähnig. 10 Staubblätter zu zwei Bündeln verwachsen (9 und 1). Frucht eine meist mehrsamige, an der Bauchnaht aufspringende Hülse. Samen ohne Endosperm. Blätter meist spiralig angeordnet und aus Blättchen zusammengesetzt.

Anthyllis Vulneraria b. maritima Schweigg., Strand-Wundklee (Abb. 187). Wurzel spindelförmig und holzig mit mehreren bis 50 cm hohen, aufsteigenden, seidenartig dicht angedrückt behaarten Stengeln, die meist verzweigt sind. Blätter unpaarig gefiedert, mit kleinen Seiten- und grossem, spatelförmigem oder langelliptischem, ganzrandigem Endfiederblättchen, die unteren Blätter oft nur mit dem letzteren; alle grau behaart von angedrückten Haaren und schmäler als die der Hauptform. Blüten gelb oder rötlich in dichten Köpfchen an den obersten Stengelspitzen. Kelch eiförmig, etwas aufgetrieben, zweilippig, ebenfalls

behaart, Hülse vom Kelch umschlossen, ein- bis zweisamig. Auf den Dünen der Ost- und Nordseeküste meist nicht selten.

Trifolium arvense L., Mäuseklee. Mit aufrechtem Stengel und dreizähligen Blättern, deren Blättchen lineal oder lineallanzettlich sind. Blütenköpfe graubräunlich, cylindrisch oder eiförmig, ohne Tragblatt. Die fleischfarbigen Blüten klein und von den pfriemlichen



Abb. 188. Astragalus arenarius. Blühende und fruchtende Pflanze. Rechts Stück eines Wurzelstockes. (2/3).
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

lang bewimperten Kelchzähnen überragt. Ganze Pflanze graugrün und mehr oder weniger dicht behaart. Auf grauen Dünen, die heideartig werden, häufig.

Astragalus arenarius L. (Abb. 188). Wurzelstock wagerecht kriechend, mit aufsteigenden, am Grunde meist niederliegenden, etwa 10 bis 30 cm hohen Stengeln. Blätter vier- bis fünfpaarig mit



Abb. 189. Lathyrus maritimus, Dünenerbse. Blühende Pflanze. (1/2).
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

eiförmigen, verwachsenen oberen Nebenblättern. Blättchen lineallanzettlich oder leistenförmig. Die ganze Pflanze mehr oder weniger angedrückt grau behaart. Trauben vier- bis achtblütig, meist locker; Blüten mit rotvioletten Kronen. Auf Dünen der kurischen und frischen Nehrung,

sowie an der westpreussischen und pommerschen Küste; auf Sandboden auch im Binnenlande.

Lathyrus maritimus (L.) Bigelow, Strand- oder Dünenerbse (Abb. 189). Mit langem, wagerechtem oder schief aufsteigendem, reichverzweigtem Wurzelstock und langen Wurzeln mit bräunlichen, eiförmigen Knöllchen reich besetzt. Stengel aus niederliegendem Grunde aufsteigend, bis 40 cm lang, kantig mit grossen, spiessförmigen, am Grunde schwach gezähnten Nebenblättern. Blätter mit Wickelranken und fünf bis sechs paarigen Blättchen, die aber nicht immer gegenständig sind und eine meergrüne Farbe zeigen; sie sind eiförmig oder elliptisch, spitz und etwas fleischig. Die reichblütige Traube ist meist kürzer oder so lang wie das zugehörige Blatt, aus dessen Achsel sie entspringt. Die grosse Fahne ist schön purpurrot, die Flügel bläulichrot. Die Hülsen sind lederbraun, schwach sichelförmig gekrümmt, bis 5 cm lang, 9 mm breit. Samen kugelig, hellbraun und ca. 4 mm im Durchmesser breit. Meist in dichten Beständen, Erbsenfeldern nicht unähnlich (für die Dünen der kurischen Nehrung bei Kunzen bereits von Loesel 1654 angegeben), überall verbreitet, auch auf der frischen Nehrung, auf Hela und weiter westlich am Ostseestrande, besonders auf Vordünen. Auf den nordfriesischen Inseln, z. B. Sylt und Föhr sehr häufig, Amrum und Röm selten; auf den ostfriesischen Inseln nur auf Spiekeroog und Juist, früher auch auf Wangeroog.



Abb. 190. Hippophaës rhamnoides, Seedorn. Fruchtzweig. Früchte jedoch kürzer und gewöhnlich viel zahlreicher als die Abbildung es zeigt.
(Nach F. Schwarz.)

L. silvestris L. Mit geflügeltem Stengel, einpaarigen Blättern, lang lanzettlichen Blättchen und schmalpfeilförmigen Nebenblättern, mit vielblütigen, langgestielten Trauben und grossen, roten Blüten, aus früheren Anbauversuchen auch auf Dünen zerstreut oder in waldigen Teilen derselben vereinzelt.

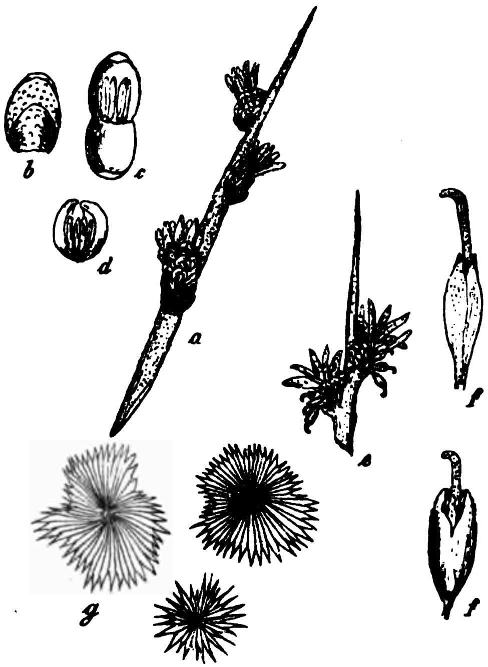


Abb. 191. Hippophaës rhamnoides, Blütenzweige, Blüten und Schuppen. (Originalzeichnung des Verfassers.)

§ 45.

Cistaceae. Violaceae. Elaeagnaceae. Fam. Cistacae. Niedrige Halbsträucher bezw. Kräuter mit aktinomorphen, fünfzähligen Blüten, deren zwei äussere Kelchblätter reduziert sind. Blumenkronen konvolutiv. Blätter meist gegenständig und ungeteilt.

Helianthemum guttatum Mill. Geflecktes Sonnenröschen. Mit aufrechtem, abstehend behaartem, ästigem Stengel. Blätter meist lanzettlich, ganzrandig und meist gegenständig, ungestielt. Traube mit langgestielten Blüten, die (nach Buchenau) zuweilen kleistogamisch sind. Blumenblätter dunkelzitronengelb, keilförmig nach der Spitze verbreitert und gezähnelt, am Grunde schwarzbraun gefleckt und wie beim gewöhnlichen Sonnenröschen sehr hinfällig.

In Dünenthälern auf Norderney und hier (nach Buchenau) Charakterpflanze. Kommt auch auf den westfriesischen, aber nicht auf den nordfriesischen Inseln vor.

Fam. **Violaceae.** Mit zygomorphen, fünfgliedrigen Blüten, deren Kronblätter meist lebhaft gefärbt sind. Fruchtknoten oberständig. Blätter mit verschieden gestalteten Nebenblättern.

Viola canina L. Hundsveilchen. Mit länglichen, stumpflichen, herzförmigen Stengelblättern und linealischen, kurz gefransten Nebenblättern; Blumenblätter meist blau, ansehnlich, das untere mit einem gelblichweissen Sporn. Kapsel stumpf, kurz bespitzt.

Auf grauen Dünen. Auf den ostfriesischen Inseln in der schmalblätterigen Form b. lancifolia Thore (nach Buchenau). Auf den nordfriesischen Inseln (nach Knuth) in der Abänderung c. flavicornis Sm., deren Stengel niedrig bleiben. Blätter klein, Blüten jedoch verhältnismässig gross mit orangegelbem Sporn. Nach Knuth Frühlingscharakterpflanze der nordfriesischen Inseldünen.

V. tricolor b. maritima Schweigg. (b. syrtica Floerke), Strand-Stiefmütterchen. Mit stark verzweigter Wurzel und reichlicher Adventivsprossenbildung, ausdauernd. Stengel aufsteigend mit schmallanzettlichen oder eiförmigen Blättern, die zerstreut kurz behaart oder kahl und meist fleischig sind, auch vielfach wie der Stengel einen violetten Anflug zeigen. Blüten in der Farbe oft wechselnd, mit hell bis rot-violetten, grossen Blumenblättern, Blüten mit 2—4 cm breiten Kronen. Auf Dünen mit Linaria odora zusammen, wie auch allein vorkommend; verbreitet.

Fam. **Elaeagnaceae.** Sträucher und kleine Bäume mit Zwitter- oder zweihäusigen Blüten. Perigon zwei- bis sechsteilig; bei männlichen Blüten bis zur Basis zwei- bis vierteilig. Staubblätter haplo- oder diplostemon, meist 4, 6 oder 8. Fruchtknoten einfächerig. Frucht eine Nuss, umschlossen von der fleischigen Blütenachse, aber mit ihr nicht verwachsen. Same mit schwachem Endosperm. Embryo mit dickfleischigen Keimblättern.



Abb. 192. Epilobium angustifolium, schmalblättriges Weidenröschen.
1. Blütentraube, 2. Reife Kapsel, 3. Same, 4. Blütendiagramm.
(Nach Wossidlo.)

Hippophaës rhamnoides L., Strand- oder Seedorn, Sanddorn. (Abb. 190 und 191). Aestiger Strauch oder kleiner Baum mit reichlicher Dornbildung, mit brauner oder dunkelgrauer Rinde. Blätter meist lineallanzettlich (doch kommen auch breitblätterige Formen vor), oberseits trübgrün mit vereinzelten Sternschuppen (Abb. 191 g), unterseits weisslich rostbraun von den sehr dicht stehenden Schülfern. Blüten zweihäusig. Männliche Blüten mit

eiförmigem oder elliptischem Perigon (Abb. 191b bis d), das zweiteilig ist. Weibliche Blüte von einer an der Spitze geschlitzten, innen gelblichen Blütenhülle (Abb. 191f) umgeben. Mit orangefarbener, zerstreut schülfriger Scheinbeere von saurem Geschmack. Meist sehr reichfrüchtig. Am Seegestade nicht selten; am samländischen Strande auch ausserhalb der Dünen die Hänge in dichten Beständen bedeckend. Seltener und meist zerstreut auf Dünen und in Dünenthälern bis zu den ost- und westfriesischen Inseln.

§ 46.

Oenotheraceae. Umbelliferae. Fam. Oenotheraceae. Meist Kräuter mit nebenblattlosen, einfachen, meist gegenständigen Blättern und meist achselständigen, vierzähligen Blüten und unterständigem Fruchtknoten.

Epilobium angustifolium L. Schmalblätteriges Weidenröschen. (Abb. 192). Mit hohem, schlankem und kahlem Stengel, der mit lanzettlichen, ganzrandigen, spiralig angeordneten Blättern bis zur Blütentraube besetzt ist. Blüten ansehnlich, mit vier genagelten, verkehrteiförmigen, purpurroten Blumen und linealischen Kelchblättern. Same keulenförmig, an der Spitze mit langem Haarschopf (Abb. 192). Bildet Ausläufer und kommt besonders auf Vordünen horstweise vor. Verbreitet sich leicht durch die weithin fliegenden Samen.



Abb. 193. Oenothera biennis
a) Blüte, b) Fruchtknoten und Kelchröhre im Längsschnitte, c) Kelchröhre mit Kelchzipfeln, d) aufgesprungene Kapsel, e) dieselbe im Querschnitt, f) Same.
(Nach Garcke.)

Oenothera biennis L. Nachtkerze (Abb. 193—195). Wurzel kräftig, lang, spindelförmig. Stengel aufrecht und namentlich oberwärts mehr oder weniger dicht abstehend, weichborstig behaart. Haare auf hellgrünen oder rötlichen Knötchen stehend. Stengelblätter lanzettlich, meist entfernt und seicht gezähnelt, die unteren gestielt, die oberen sitzend. Bezahnung und Breite der Blätter wechselnd. Blüten mit vier blassgelben, verkehrtherzförmigen Blumenblättern, die meist länger als die schmallinealischen, pfriemenförmig zugespitzten Kelchblätter sind. Letztere meist weichborstig, etwas abstehend behaart, Kapsel vierklappig, an der Spitze aufspringend. Stammt aus

Nordamerika, kommt vielfach auf Dünen in der normalen Form, sowie in Varietäten vor.

Auf der kurischen Nehrung und wohl auch anderwärts kommt b. parviflora A. Gray (Abb. 194) vor. Mit kleineren Blüten als bei der Hauptform; Blumenblätter dunkler und etwas kürzer als die Kelchblätter. Stengel und Rosettenblätter breit lanzettlich, oben zugespitzt, entfernt seicht buchtig gezähnelt. Stengel, namentlich oberwärts mit abstehenden, weichen Borsten, die am Grunde knotig verdickt und rot sind (auf der Abbildung sind die Haare fortgelassen). Diese Pflanze entspricht der O. muricata var. latifolia Aschers.



Abb. 194. Oenothera biennis, Nachtkerze. b. parviflora A. Gray (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

c. muricata (Murr. als Art) A. Gray. (Abb. 195) Mit schmäleren, lanzettlichen Blättern, die dichter und etwas weniger seicht buchtig gezähnelt sind, ferner mit kleinen Blüten, deren Blumenblätter kürzer als die weichen, angedrückt behaarten Kelchblätter sind oder sie nicht überragen und mit abstehender, weichborstiger, etwas dichterer Behaarung; die Borsten wie bei der Form b. am Grunde knotig verdickt und rot. Wurde durch Apotheker Erich Perwo auf der Düne von Helgoland und im NW. der ostfriesischen Insel Langeoog gesammelt. Ist nach Perwo für den erwähnten Teil von Langeoog Charakterpflanze.

Fam. **Umbelliferae.** Doldengewächse. Einjährige wie ausdauernde Kräuter mit meist hohlen Stengeln. Blüten fünfzählig in einfachen

oder zusammengesetzten Dolden, meist zwittrig und aktinomorph, seltener zygomorph. Mit Spaltfrüchten (Doppelachänen), deren Teilfrüchte an einem Säulchen (Carpophor) hängen. Die Teilfrüchte mit 5 Haupt- und bisweilen 4 Nebenrippen und meist mit Oelstriemen. Embryo klein. im oberen Teil des Endosperms (Albumen). Blätter mit meist vielfach zerschnittenen Spreiten und bauchigen Blattscheiden in spiraliger Anordnung.



Abb. 195. Oenothera biennis c. muricata. (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Eryngium maritimum L. Stranddistel, Seemannstreu (Abb. 196). Wurzel sehr lang und tief in den Sand hineindringend. Stengel kantig voll, grössere Exemplare nahe über dem Grunde sperrig, steif verästelt mit amethystblauer Färbung. Blätter rundlich, von lederartiger Beschaffenheit, blaugrün, meist dreilappig und buchtig, grob und dornig stechend gezähnt (Abb. 197). Blüten kopfig gehäuft (einfache Dolden), Hüllblätter lanzettlich oder spatelförmig, auch eiförmig, stachelig gezähnt, das rundliche oder längliche Köpfchen nur wenig überragend. Mehrjährige (nach einigen Autoren nur zweijährige), seegrüne, ins Violette oder Amethystfarbige spielende Pflanze, eine Zierde des Sandstrandes und der Vordünen. Weit verbreitet, stellenweise jedoch fehlend oder sehr selten.

§ 47.

2. Unterklasse Sympetalae. Mit meist verwachsenblättriger, innerer Blütenhülle. Kelch und Blumenkrone vorhanden.

Convolvulaceae. Borraginaceae. Scrophulariaceae. Rubiaceae.

Fam. **Convolvulaceae.** Ein- oder mehrjährige Kräuter, seltener Sträucher, mit meist aktinomorpher Blumenkrone, die im Knospenzustande gefaltet und rechts gedreht ist. Staubblätter meist fünf. Kelch und Blumenkrone fünfzähnig, Kapsel mit meist zwei Fächern. Stengel meist links windend und in spiraliger Anordnung beblättert.

Convolvulus Soldanella L., Meerstrandswinde. Wurzelstock mit unterirdischen, verzweigten Ausläufern, niederliegende, kurze



Abb. 196. Eryngium maritimum, Stranddistel. Blühende Pflanze. (1/2). (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Stengel entsendend, an welchen sich zerstreut langgestielte, nierenförmige, sehr kurz bespitzte Blätter befinden. Blütenstiele mit zwei eiförmigen, den Kelch verhüllenden Vorblättern und vier geflügelten Kanten. Blumenkrone (nach Buchenau) rosenrot und weiss gestreift. Eine an den atlantischen und Mittelmeerküsten häufige Pflanze, die noch auf niedrigen, bewachsenen Dünen der ostfriesischen Insel Borkum und vielleicht auch noch auf Juist und Langeoog vorkommt; war früher auch auf Norderney und Wangeroog.

Fam. **Borraginaceae.** Kräuter mit spiralig angeordneten, selten gegenständigen, einfachen Blättern, meist rauhborstig striegelhaarig. Blüten meist zwitterig und aktinomorph mit vorherrschender Fünfzahl, Fruchtknoten zweifächerig oder durch unechte Scheidewände vierfächerig oder -lappig, in der Mitte mit einem einfachen oder zweischenkligem Griffel. Frucht meist in Klausen zerfallend.

Cynoglossum officinale L., Hundszunge. Mit spindelförmiger, langer Wurzel und steif aufrechtem Stengel, der erst an der Spitze verzweigt ist. Stengelblätter in den Stiel herablaufend, lanzettlich zugespitzt, mit bogig schlingenförmigen Nerven, die unterseits hervorragen; obere sitzend und den Stengel halb umfassend, ganzrandig und wie die Zweige weichbehaart. Die Blumenkrone klein, trübrot oder braun bis dunkelpurpurn, bei der Dünenpflanze meist etwas grösser und heller, den Kelch wenig überragend. Klausen oberseits hakig oder stacheligrauh, stumpfdreieckig, gross. Auf Dünen der kurischen und der frischen Nehrung, auch auf Langeoog.



Abb. 197. Eryngium maritimum,
a) Blatt (³/₄.)
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Fam. **Scrophulariaceae.** Stauden und Kräuter mit spiralig angeordneten oder gegenständigen, quirligen Blättern und zygomorphen Blüten. Blumenkrone oft zweilippig, seltener ungleich, vier- und mehrteilig. Staubblätter zwei, nur sehr selten fünf. Griffel einfach. Frucht eine vielsamige Kapsel oder Beere.

Linaria vulgaris Mill., Frauenflachs. Mit Adventivknospen auf den Seitenwurzeln und meist aufsteigenden oder aufrechten Stengeln, die mit lineallanzettlichen Blättern dicht besetzt sind. Blütenstand traubig. Blütenstiele drüsig behaart. Blüten gross mit gespaltener Oberlippe und maskiertem Saum. Blumenkrone schwefelgelb, Unterlippe jedoch am oberen Saum orange, Sporn von der Länge der Blumenkrone; Samen geflügelt, in der Mitte kleingrubig. Auf den Dünen der kurischen und frischen Nehrung in der Abänderung b. humifusa P. M. E. mit niederliegendem, schwächerem, schlankerem Stengel, der folgenden Art nahe stehend, aber durch die drüsige Behaarung der Blütenstiele und durch die grubigen Samen verschieden. Die Hauptform weit verbreitet, besonders auf grauen, grasbewachsenen Dünen.

L. odora Chavannes (L. Loeselii Schweigg. Von Loesel l. c.

No. 39 abgebildet und schon 1654 für die Seeberge von Sarkau angegeben). Mit reich verzweigten Stämmen und Adventivsprosse entwickelnden Wurzeln. Stengel schlank, aufsteigend, meist seegrün. Blätter einnervig, fleischig und lineallanzettlich, ganzrandig, sehr zerstreut stehend. Kommt in klein- und grossblütigen Formen vor (Abb. 198 und 199). Die Blütenstiele sind fast völlig kahl; die Blüten hellgelb in lockeren Trauben, wohlriechend. Samen wie bei voriger Art geflügelt, glatt. Charakteristisch für die Dünen des östlichen Ostseestrandes bis nach Hinterpommern.

Fam. **Rubiaceae**. Unterfam. Galieae. Ausdauernde Kräuter mit wirtelständigen, meist schmalen Blättern. Blüten in Rispen, mit vier-, selten fünfteiligen Kronen und vier Staubblättern; Fruchtknoten zweifächrig, mit zwei freien oder an der Basis verwachsenen Griffeln. Frucht aus zwei vereinigten Halbfrüchten bestehend, aus einem unterständigen Fruchtknoten entstanden.



Abb. 198. Linaria odora
Ast der kleinblütigen Form.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Galium mollugo L., Labkraut (Abb. 200). Mit langkriechender Grundachse und aufsteigenden, an den Kanten knotig verdickten, scharf vierkantigen, kahlen Stengeln, oberwärts rispig abstehend verzweigt. Blattwirtel meist achtzählig. Blätter oberseits glänzend, dunkelgrün, schmal lanzettlich, nach vorn breiter, stumpf, am Rande fein stachlig. Krone weiss, ihre Lappen zugespitzt. Früchtchen kahl oder schwach runzelig. Auf Vordünen in einer mehr liegenden Form verbreitet.

G. verum L. Mit voriger Art; unterscheidet sich durch stumpf vierkantige, kurz abstehend behaarte Stengel, schmale, leistenförmige, an den Rändern zurückgerollte Blätter und goldgelbe Blüten.

G. mollugo × verum (G. ochroleucum Wolf). In zwei Formen, je nachdem der Bastard der einen oder anderen der Stammarten näher steht. Blüten gewöhnlich mehr oder weniger deutlich ockergelb. Mit den Eltern an den gleichen Standorten.

§ 48.

Campanulaceae. Compositae. Fam. Campanulaceae. Kräuter mit spiralig angeordneten, einfachen Blättern, ansehnlichen, fünf-



Abb. 199. Linaria odora, Zweig einer grossblütigen Form. (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

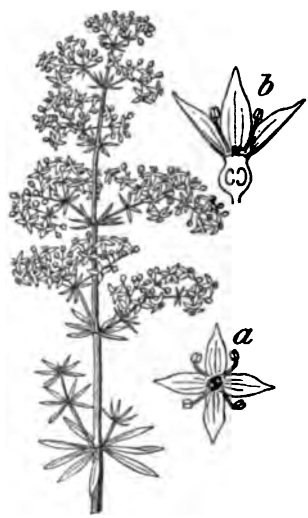


Abb. 200. Galium mollugo, Labkraut. a) Blüte von oben, b) dieselbe im Längsschnitt. (Nach Garcke.)

gliedrigen Blüten, die meist zwittrig und aktinomorph sind. Fünf Stamina mit introrsen Antheren. Fruchtknoten unterständig. Frucht eine Kapsel, die am Grunde mit Löchern aufspringt. Stengel meist mit mildschmeckendem Milchsaft.

Campanula rotundifolia L. Mit aufsteigenden Stengeln, an denen sich zur Blütezeit meist nur lineallanzettliche, oberwärts leistenförmige und ganzrandige, gekerbte Blätter befinden. Die Grundblätter gestielt, nieren- oder herzförmig, kerbig gesägt, nur an jüngeren Exemplaren und an Rosetten vorhanden. Blumenkronen fünfzähnig, schön blau oder weisslich blau, verhältnismässig gross; Blütenstand rispig.

Auf grauen Dünen meist nicht selten, fehlt nach Buchenau auf den ostfriesischen Inseln. Besonders schön entwickelt auf den nordfriesischen Inseln.

Jasione montana L. (Abb. 201). Stengel bis 40 cm hoch und schon vom Grunde an verzweigt, kantig, mit lineallanzettlichen, wellig randigen, borstigen, abstehend behaarten Blättern. Blüten in rundlichen, behüllten Köpfchen, meist blau mit tief fünflappiger Krone. Hüllblätter eiförmig, Staubbeutel nur an der Basis zusammenhängend, oberhalb frei. Auf den Dünen meist nur die Abänderung b. litoralis Fr. Mit vielen, niedergestreckten, kahlen, einfachen Stengeln und flachen, verkahlenden Blättern. Stengel zu dichten Rasen vereinigt, etwa 15 cm lang. Köpfchen halb so gross oder noch kleiner als bei der Hauptform.

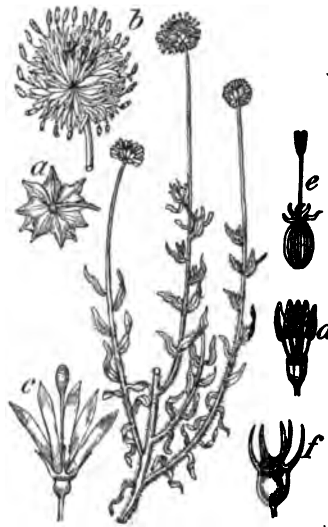


Abb. 201. Jasione montana
a) Kelch, b) Blütenkopf, c) Blüte, d) Staubblätter und Stengel, e) Fruchtknoten nach der Befruchtung, f) Frucht. (Nach Garcke.)

Fam. **Compositae**. Kräuter mit meist spiralig angeordneten und einfachen Blättern, ohne Nebenblätter. Blüten fünfgliedrig, zwittrig, eingeschlechtig oder geschlechtslos, meist klein, zu Köpfen (Calathium) angeordnet, die von mehreren Hochblättern (Involucrum) umhüllt werden. Blüten vielfach ohne Tragblätter (Spreuschuppen) auf kahlem oder behaartem Blütenboden (Receptaculum). Kelchblätter meist undeutlich, dafür aber ein charakteristischer Federkelch (Pappus), der seltener aus Schuppen besteht. Blumenkrone der Röhrenblüten glockenförmig, bei Zungen- und Strahlenblüten zygomorph. Fünf Stamina, deren nach innen aufspringende Antheren seitwärts aneinander schliessen und eine Röhre bilden, Staubfäden dagegen frei. Fruchtknoten unterständig mit langem, geradem, durch die Staubblattröhre führendem Griffel mit zwei Narben, die sehr verschieden gestaltet sind. Frucht eine einsamige Schliessfrucht (Achaenium) mit endospermfreiem Samen.

Erigeron acer L. Scharfes Berufskraut. Stengel meist purpurrot oder braun überlaufen und behaart, aufrecht, steif, oberwärts meist mit abstehenden Zweigen. Blätter lanzettlich oder lineallanzettlich, ganzrandig oder entfernt gesägt. Köpfchen klein,

mit schmalen, kleinen, weiblichen, fädlichen, rötlichen Strahlenblüten. Röhrenförmige Scheibenblüten gelb, zwittrig; Pappushaare einfach, später roströtlich. Auf grauen Dünen verbreitet, auch in der kahlen fr. droebachiensis O. F. Müll.



Abb. 202. Petasites tomentosus, Blühende weibliche Pflanze. (9/10.) (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Helichrysum arenarium (L.) DC., Sand-Immortelle. Mit aufrechten oder aufsteigenden, bis 20 cm hohen, einfachen Stengeln, die wie die spatelförmigen Blätter dichtfilzig behaart sind, oberwärts die goldgelben, kugeligen Köpfchen in endständiger Doldenrispe führend. Blüten meist alle hermaphroditisch, nur einige randständige weiblich. Blütenhüllblätter goldgelb glänzend, trocken; bei der auch auf Dünen vorkommenden Varietät aurantiacum DC. tief orangerot. Graue Dünen.

Artemisia campestris L. Feld-Beifuss. Wurzel dick und stark, holzig. Stengel halbstrauchig, aufsteigend, meist rötlich oder auch gelblichgrün, oberwärts reichlich rispig verästelt, meist kahl und gefurcht. Blätter meist doppelt fiederspaltig mit linealischen Zipfeln, an den obersten Stengelteilen linealisch und ungeteilt. Köpfchen gestielt, meist in einseitswendigen Trauben oder Rispen, zuweilen gehäuft. Hüllblätter kahl, rötlich oder gelblich grün. Köpfchen mit weiblichen Randblüten; mittlere Blüten männlich, sämtlich röhrenförmig. Auf Dünen nicht selten die Abänderung:

b. sericea Fr. mit weissen, seidenartigen, angedrückten Haaren, besonders an den oberen Teilen des Stengels und der Aeste sowie der Blätter und des Involucrums, doch nimmt die Behaarung später bedeutend ab, wenn sie auch nie völlig verschwindet.

c) stramenticia G. Beck. Mit fast kahlen, grünlichgelben Stengeln. Auf Dünen der frischen Nehrung, südlich von Neutief.

d) polycephala. Mit sehr dicht stehenden, gehäuften Köpfen auf kurzen Stielen. Ebendaselbst nicht selten.

Petasites tomentosus DC., Kleine Pestwurz. (Abb. 202). Wurzelstöcke wagerecht, cylindrisch, ca. 1 cm im Durchmesser, weit kriechend. Stengel bis 30 cm hoch, mit scheidenförmigen Niederblättern besetzt Blüten in länglich rispiger Anordnung bei vorwiegend weiblichen Blüten, und doldenrispig bei der männlichen Pflanze (Tussilago spuria Retzius. Die Verteilung der Geschlechter auf verschiedenen Pflanzen hat bereits Ehrhart zuerst erkannt). Involurum gelblich grün; die Blumenkrone gelb. Wurzelblätter breit herzförmig, dreieckig, quer



Abb. 203. Petasites tomentosus Wurzelstock mit Blättern.
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

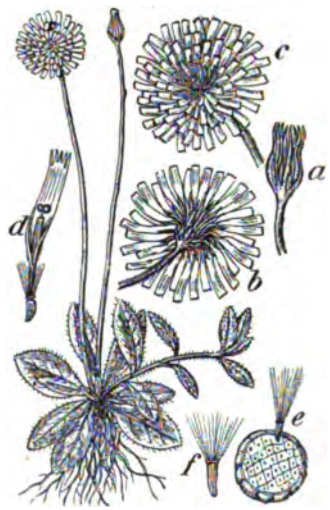


Abb. 204. Hieracium Pilosella
a) Hüllkelch, b) Rückseite, c) Vorderseite des Blütenköpfchens, d) Blüte, e) Fruchtboden, f) Frucht.
(Nach Garcke.)

breiter, ungleich dicht und klein gezähnt, Seitenlappen meist seicht und grob zweilappig. (Abb. 203.) Blätter lederartig fest, oberseits dunkelgrün, anfangs auch hier schneeweiss behaart, unterseits stets dicht weissfilzig behaart. Auf Dünen, besonders auf Vordünen und in Dünenthälern in grösseren, dichten Beständen, aber auch an Fluss- und Haffufern.

Senecio silvaticus L. Stengel gestreift, kahl oder zerstreut behaart, oberwärts verästelt. Köpfchen klein, mit glockenförmiger Hülle und kleinen, zurückgerollten, gelben Strahlenblüten. Innere Hüllblätter schmal linealisch, schwarzbraun bespitzt, äussere sehr klein. Blätter ungleich buchtig gelappt und gezähnt, etwas zart und leicht verwelkend; fast dünnfilzig oder zerstreut behaart. Auf Dünen verbreitet.

S. viscosus L. Sehr ähnlich dem vorigen, aber meist gedrungener, dicht klebrig-drüsig behaart und von unangenehmem, bilsenkrautähnlichem Geruch. Die äusseren Hüllblätter etwa halb so lang als die inneren. Köpfe etwas grösser als bei voriger Art, aber seltener als dieselbe.



Abb. 205. Hieracium umbellatum b. coronopifolium (1/2.) (Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

Ausserdem kommen auf Dünen gelegentlich noch vor S. vulgaris, meist ohne Strahlenblüten und mit fast kahlen, schwach spinnwebigen Blättern und S. vernalis Waldst. und Kit. mit grösseren, strahlenden Köpfchen, nebst meist stark spinnwebefilzigen Blattunterseiten und Stengeln.

Hieracium Pilosella L., Gemeines Habichtskraut (Abb. 204). Mit stark kriechenden, meist verzweigten Ausläufern und einköpfigen, unbeblätterten Stengeln. Blätter in grundständigen, vielblättrigen Rosetten, verkehrt eiförmig, unterseits von sternförmig verästelten Haaren weissfilzig, oberseits meist trüb oder graugrün mit langen, abstehenden, borstigen Haaren. Stengel weiss- oder graufilzig, mehr oder weniger behaart. Blütenköpfe gross, gelbblütig. Randständige Zungenblüten unterseits meist rot gestreift. Auf grauen Dünen, meist in dichten Beständen teppichartig den Boden überziehend.

H. umbellatum L. Doldiges H. Stengel aus aufsteigendem Wurzelstock erst niederliegend, dann aufrecht, besonders bei den Dünenexemplaren, meist bis zur Spitze dicht beblättert und oberwärts verästelt. Blätter meist gezähnt, lineal- bis breitlanzettlich, spärlich behaart. Köpfe

gross mit grünem oder dunkelgrünem Involucrum und sperrig abstehenden, an der Spitze zurückgebogenen Hüllblättern. Blütenstiele schwach verdickt und dicht behaart. Blütenköpfe rispig oder doldenrispig angeordnet. Folgende Formen hauptsächlich auf Dünen:

b) coronopifolium Bernh. (Abb. 205). Mit geschweift grobgezähnten, schmal lanzettlichen Blättern und meist niedrigem Wuchse;

c) linarifolium G. F. W. Meyer (angustifolium Koch) (Abb. 206). Mit schmal linealischen, fast ganzrandigen oder vereinzelt grobgezähnten Blättern und meist schlankeren Stengeln. Blütenköpfe gross.

Hierzu fr. dunale G. F. W. Meyer. Mit niedrigem, etwa 30 cm hohem, aufsteigendem Stengel mit nur ein bis drei grossen Blütenköpfen.

Diese erwähnten Formen gehen jedoch vielfach in einander über und scheinen Standortsabänderungen zu sein.

Sonchus arvensis L., Acker-Saudistel. Mit horizontal ausgebreiteten Wurzeln, die Adventivknospen besitzen, wodurch diese Pflanze sich leicht vermehren kann. Stengel hohl, unterwärts verästelt und kahl, mit buchtig fiederspaltigen und fiederlappigen, etwas derben, blaugrünen Blättern, deren Lappen ungleich dicht und fein stachelig gezähnt sind, die oberen am Grunde herzförmig, die unteren mit abgerundeten Oehrchen den Stengel halb umfassend. Blütenköpfe in doldenrispiger Anordnung, mit meist drüsigen Stielen. Köpfe gross mit gelben Zungenblüten. Früchte dunkelbraun, zusammengedrückt, beidendig verschmälert, mit mehreren deutlich hervortretenden Rippen, welche fein querrunzlig sind. Besonders als b. maritimus G. F. W. Meyer mit schmäleren Stengelblättern, fast drüsenlosen Blüten-

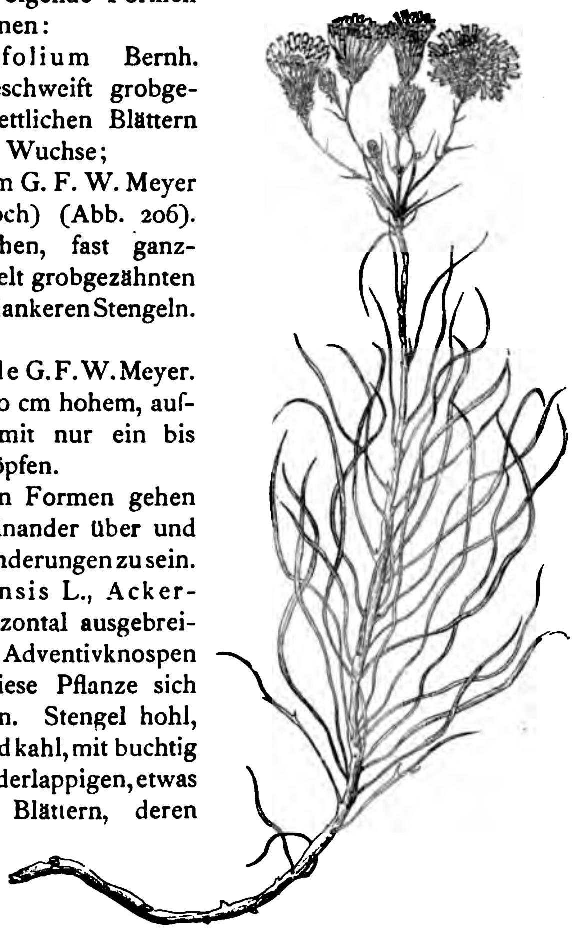


Abb. 206. Hieracium umbellatum c. linarifolium (1/2.)
(Originalzeichnung von Jos. B. Scholz.)

stielen. Häufige Dünenpflanze der ostfriesischen Inseln. c. spinulosus Hausskn.*) Pflanze gedrungen, mit starren, blaugrünlichen Blättern, die am Rande mit dornig zugespitzten, stechenden Zähnen sehr dicht besetzt sind; wurde von Apotheker Perwo 1898 auf Dünen der ostfriesischen Insel Langeoog gesammelt. Bisher nur Kugelbarke bei Cuxhaven (Haussknecht).



Abb. 207. Tragopogon floccosus (9/10.) (Originalzeichn. von Jos. B. Scholz.)

Tragopogon floccosus Waldst. u. Kit. (Abb. 207). Mit langer, spindelförmiger Wurzel. Stengel meist nahe über dem Grunde buschig verästelt mit aufsteigenden Aesten, meist 20 bis 30 cm hoch. Blätter aus breitem Grunde linealisch, ganzrandig. Stengel unterhalb der grossen Köpfe kaum verdickt. Acht Hüllblätter, die kürzer als die Zungenblüten sind. Achänen der randständigen Blüten meist kurz geschnäbelt, mit schuppenförmigen Stachelchen und die übrigen meist glatt. Auf den Dünen der kurischen Nehrung und weiter nordwärts verbreitet. Charakterpflanze für die Dünen der kurischen Nehrung.

*) Haussknecht im Bericht des Botanischen Vereins für Gesamtthüringen. 1889. VIII. p. 31.

Vierter Abschnitt.

Zweck und Geschichte des Dünenbaues.

A. Zweck des Dünenbaues.

§ 1.

Schutz des Festlandes durch die Dünen. Die unbefestigte und unfruchtbare Düne ist eine stete Gefahr für die angrenzenden Länder. Der wandernde Sand begräbt unter sich Wälder und Häuser, er verflacht die schiffbaren Meeresarme, die Häfen und Flussläufe und trägt, aufgenommen von der See, zur Verwilderung der Küste bei. Der Dünensand wird zum Teil von den Wellen in die See gerissen, zum Teil vom Winde landeinwärts geführt. Die Küste wird beschädigt, Buchten und Einsenkungen bilden sich, das Meer dringt ein, gewinnt neue Kraft zu wirbelnden Bewegungen und trägt seine Verwüstung tief in das Innere des Landes. Die erste und vornehmste Aufgabe des Dünenbaues ist daher, durch Festlegung der Dünen die Küste zu sichern und die Erhaltung des Landes zu gewährleisten.

Graf Adalbert Baudissin schreibt über die Erhaltung der nordfriesischen Inseln*): „Verschwänden jetzt plötzlich die Dünen Amrums und Sylts, so würde das Meer mit ungeschwächter Kraft gegen die Deiche des Festlandes anstürmen; das ruhige, der Schlickablagerung günstige Wattenmeer würde verschwinden, und die Festlandsküste hätte denselben Kampf mit dem Meere zu bestehen, dem Pellworm jetzt zu unterliegen droht. Die Erhaltung der Dünen ist daher nicht nur für die Inseln selbst, sondern auch für das dahinter liegende Festland von der grössten Wichtigkeit.“

Genau dasselbe trifft für die ostfriesischen Inseln und für alle diejenigen Dünen zu, welche als Landzungen, Halbinseln oder Inseln vor dem Festlande liegen. Die Küste vom Dollart bis zur Jahde

---

*) Graf Baudissin, Bericht über die Dünen der Insel Sylt, 1865, S. 27.

steht unter dem Schutz der ostfriesischen Dünen, die Küste von Vorpommern unter dem der Dünen bei Zingst, die Küstenseen Hinterpommerns danken ihre Sicherheit den sie von der See abschliessenden Dünenzungen. Die Rhede und die Küste von Neufahrwasser ist von dem Bestand der Dünenhalbinsel Hela abhängig; ohne die frische und kurische Nehrung würden die Ufer der gleichnamigen Haffe den Seewinden ausgesetzt und in ihrem Bestande gefährdet sein. So ist die Erhaltung der Dünen erforderlich für die Erhaltung des Festlandes und ihre Befestigung geboten; denn die Dünen können nur dann den Schutz der Hinterländer ausüben, wenn sie selbst widerstandsfähig sind.

§ 2.

Sicherung der Küsten und des Fahrwassers. Würde der Wind gleichmässig wehen und immer aus derselben Richtung, würde der Wellenschlag gleichmässig wirken und immer in derselben Höhe, so würde ein regelmässiger Zustand sandiger Küsten ohne erhebliche Mühe sich leicht erhalten lassen. Aber der Wechsel der Windstärke und Windrichtung, die Aenderung der Wellenbewegung führen dauernd zu Unregelmässigkeiten in der Strandausbildung. Die Sandablagerungen, welche bei niedrigem Wasserstande sich gebildet hatten, werden vom höheren Wasser abgespült. Weite Einrisse auf dem Strande entstehen, Unregelmässigkeiten, welche entweder durch folgende Sturmfluten sich vertiefen, oder deren Aufhöhung günstigstenfalls durch künftige Sandablagerung nur langsam sich vollzieht. Der den Einrissen entnommene Sand wird von der Küstenströmung fortgeführt. Wird diese durch eine entgegengesetzt oder von der Seite kommende andere Strömung beeinflusst, so entsteht eine Ermässigung der Wassergeschwindigkeit. Das Wasser kann nicht mehr die Sandmassen in grosser Menge mitführen, und ein erheblicher Teil derselben sinkt zu Boden. So bilden sich auf den Seegatten vor den Flussmündungen und den Häfen die der Schiffahrt gefährlichen Versandungen. Sie werden beschränkt in ihrer Ausdehnung, sobald die Ursache ihrer Bildung, nämlich die Sandführung des Küstenstromes, beschränkt wird. Ganz aufheben lässt sich die Sandführung nie, denn der Küstenstrom bewegt sich im Geschiebegürtel. Aber durch die Festlegung der Dünen lässt sich derjenige Zuwachs vermeiden, welcher bei Sturmfluten durch Abschwemmen wilder Dünenstriche zugeführt wird und die grossen Sandmengen, welche schon bei mässig hohen Wasserständen aus dem trockenen und nassen Strande dann ausgerissen werden, wenn eine feste Begrenzung der Küste fehlt.

Es erscheint auffällig, dass die Vordüne mit ihrer leichten Befestigung durch das schwache Sandgras, welches noch dazu erst hoch

über dem Wasserspiegel beginnt, einen solchen Einfluss auf die Sicherung der Küste ausüben kann. Und doch ist dem so. Nicht das einzelne schwache Gras bietet den Schutz, aber die Gesamtheit derselben, ihre Gruppierung zu fortlaufenden Werken. Die flache Aussenböschung dieser Werke gestattet ein verhältnismässig unschädliches Auflaufen der Wellen, die gleichmässige Linienführung längs der Küste ohne Vorsprünge und ohne Einbuchtungen verhütet das Vorkommen willkürlicher Einrisse. Ganz besonders aber führt die gleichmässige Höhenlage der Vordünen und des Vordünenfusses dazu, dass der Strand sich gleichmässig gestaltet. Die Senkungen des Strandes schliessen sich, seine Erhöhungen werden vom Winde und den Wellen weggeführt, denn die Vordüne schreibt durch ihre Linienführung und Höhenlage Wind und Wellen eine bestimmte Grenze für ihren Wirkungsbereich vor. So kommt es, dass eine gut geführte und gut erhaltene Vordüne auch eine gute und gleichmässige Ausbildung des Strandes im Gefolge hat. Folgt der Strand aber in gleichmässiger Höhe und gleichmässigem Gefälle dem Lauf des Meeres, so ist damit den Verwilderungen der Küste und den Versandungen der Seegatten und Flussmündungen am besten begegnet.

Dieser wichtige Zweck der Vordünen-Anlagen an den preussischen Küsten wurde urkundlich durch die Beschlüsse einer Kommission dargelegt, welche im Jahre 1864 seitens der preussischen Ministerien für Landwirtschaft und für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten mit der Untersuchung der Dünenarbeiten beauftragt worden war. Es wurde am 19. September 1864 erklärt: „dass der ursprüngliche und eigentliche Zweck, welcher durch die vom Staat zur Förderung des Dünenbaues aufgewendeten Kosten bisher erreicht werden sollte, der war, die Meeresufer zu befestigen, einen normalen Zustand der Küste herbeizuführen und sie darin zu erhalten, dadurch aber die Häfen sowie die anliegenden Forsten, Aecker und Wiesen gegen Versandungen zu schützen. Zu diesem Zweck waren die Vordünen angelegt worden.“ Es wurde damals bestimmt, die Bewirtschaftung der Vordünen in die Hände der Wasserbauverwaltung, die Bewirtschaftung der Binnendünenkulturen in die Hände der landwirtschaftlichen Verwaltung zu legen.

Befinden sich die Schiffahrtswege in der Richtung des herrschenden Windes unmittelbar hinter losen unbefestigten Dünen, so erhöht sich ihre Sohle durch das Eintreiben des Dünensandes. Dann ist die Notwendigkeit der Dünenbefestigung augenfällig. So ist die Erhaltung der Schiffbarkeit der Danziger Weichsel Veranlassung gewesen zur Befestigung der davor liegenden Dünen; und die Erhaltung des Memeler Hafens und des Memeler Fahrwassers im Ausfluss des

kurischen Haffs forderte die Festlegung der Wanderdünen zwischen Süderspitze und Schwarzort, eine Arbeit, welche einen Aufwand von $1^1/_2$ Millionen Mark verursacht und gegenwärtig noch in der Ausführung begriffen ist.

§ 3.

Dünenwald ist Schutzwald nicht Nutzwald. Durch die Anlage der Vordüne wird mit dem Schutz der Küste und des Fahrwassers der Vorteil erreicht, dass der von der See ausgeworfene Sand unmittelbar am Strande aufgefangen und festgehalten wird. Die Menge des landeinwärts fliegenden Sandes wird verringert, zu Zeiten ganz aufgehoben. Die Forstkulturen auf den hinter den Vordünen liegenden Binnendünen werden dadurch gegen neue Uebersandungen von der See aus geschützt, und die Möglichkeit, diese Kulturen mit Sicherheit durchzuführen, wird dadurch erst gegeben. So muss die Kultur der Vordünen und die Festlegung des Strandes der Kultur der Binnendünen und den Aufforstungsversuchen vorangehen.

Aber wenn auch die Sandverwehungen von der Küste her durch die Vordünenanlagen gehoben sind, die Seewinde wirken nach wie vor mit gleicher Heftigkeit auf das Binnenland. Es muss daher das Bestreben bei der Aufforstung vor allen Dingen darauf gerichtet sein, eine gute zuverlässige Festlegung und Deckung des Sandes zu erreichen, so dass der Wind nicht Gelegenheit findet, den Sand zwischen den Pflanzen aufzuwühlen, diese bloss zu legen und damit die Kulturen zu vernichten.

Ist die Deckung erst einmal erreicht, so wird mit den Jahren eine Humusschicht auf dem Dünensande sich einstellen. Aber nur langsam nimmt dieselbe zu; sie bleibt immer sehr schwach; dünne Stellen sind stets vorhanden. Wird hier durch äussere Einflüsse, eine Wagenspur, Pferdehufe, ausgerissene Baumstämme, durch unbedachte Durchforstung oder dergl. der trockene feine Dünensand bloss gelegt, so gehört nur ein mässiger Wind dazu, um ein Loch von geringem oder grösserem Umfange aufzuwühlen. Und dies kann, wenn unbeachtet, zu tief reichenden Verwilderungen und zur Zerstörung der Ergebnisse jahrelanger mühevoller Arbeiten, ja zur vollständigen Vernichtung der Dünenkulturen, zur Umwandlung der Düne in eine Wanderdüne führen.

So ist für die Festlegung der Binnendünen durch Aufforstung und für deren Unterhaltung als erste Vorschrift zu beachten, dass der Dünenwald nicht Nutzwald, sondern Schutzwald sein soll und bleiben muss. Die Lehren der Forstwissenschaft können nur in beschränktem Maasse und mit erheblichen Abänderungen Anwendung finden. Es kommt

nicht darauf an, forstwirtschaftliche Erträge aus dem Dünenwalde zu erzielen. Die Rente, welche der Dünenwald liefert, ist in der Befestigung des Landes, der Möglichkeit zur Anlage blühender Ortschaften, guter Verkehrsstrassen und dem Wohlstand der Bewohner zu suchen. Dieser Grundsatz wird von allen erfahrenen Dünenbeamten geteilt; wir verweisen auf die Ausführungen unseres forstlichen Mitarbeiters im VI. Abschnitt § 5.*)

B. Die Anfänge des Dünenbaues.

§ 4.

Dünenarbeiten in früheren Jahrhunderten. Der Dünenbau hat sich in Deutschland wie in anderen Ländern erst in den letzten hundert Jahren entwickelt. Die spärliche Bevölkerung früherer Zeiten sah sich nicht veranlasst, die Dünen zu befestigen. Sie begnügte sich, da, wo gefährliche Einrisse waren, Zäunungen anzulegen. Auskunft hierüber giebt der Bericht über eine Besichtigung der frischen Nehrung, welche im Dezember 1582 oder Januar 1583 stattgefunden hatte. Diese Bereisung fing bei dem ehemaligen Dorfe Scheute, eine halbe Meile nördlich von Narmeln an und wurde in nördlicher Richtung fortgesetzt. Der in dem Königsberger Archiv (Acta betr. Reparierung und Vertiefung des Pillauschen Seehafens 127e) enthaltene Bericht lautet:

„Von der Scheüt aus, do die Besichtigung angefangen, ist der Strandt zimblichen gutt (ohne das der Windt inn wenig Jaren sehr gearbeitet) befunden weitter biss ann der Scheitter Wiesenn, die gar vergangen, auch jetzs rechtfort vonn den Scheüttischen Underthonen, deren 18 gewesen, nur vier, die andern aber sambt dem Pfarherren alle

*) Auch im Auslande gilt der gleiche Grundsatz für die Behandlung des Dünenwaldes und wird der gleiche Unterschied zwischen Vordüne und Binnendüne nach ihren Zwecken und Behandlungsweisen geführt. In den breiten ausgedehnten Dünen der Landes in der Gascogne bleibt ein Streifen von 150 m hinter der Vordüne grundsätzlich von jeder Aufforstung ausgeschlossen. Hier wird nur Sandgras gepflanzt. Erst am Ende dieses Streifens fängt die Kultur von Pinus maritima an, und zieht sich weit in das Land hinein über alle Dünen fort. Die ersten 500 m hinter dem Sandgrasstreifen gelten als Schutzstreifen und bleiben von dem Forstwirtschaftsplan ausgeschlossen. Die Pinus maritima liegt hier unter dem Einfluss der Seewinde und des Sandtreibens zum Teil verkrüppelt dicht auf dem Boden. Jede Beschädigung der Bäume ist in diesem Streifen verboten, keine Axt wird hier angesetzt, die Gewinnung des Harzes, von der sonst kein Baum in den Landes verschont bleibt, darf nicht stattfinden; aber jede Lücke, welche durch Windrisse entsteht, wird sorgfältig ausgepflanzt oder zugesäet. Der ganze Streifen von 150 + 500 = 650 Breite hinter den Vordünen führt, um seine Bestimmung als Schutzstreifen deutlich darzulegen, den besonderen Namen côte littorale oder dune littorale.

gewichen seindt; richt dem Stedtlein Heiligenbeihel uber ist der Strandt sehr niderig und hochnöttig, das aldo ungefehr zwey Seyll*) lang, ann welchen Ort im grossen Sturmb das Wasser uberschlagen, gezeünet werde.

Von Dannen ein wenig furbass ist es auch sehr gefehrlich, aber nur ein halb Seyll lang zu zeünen, aldo hat das Wasser inn diesem Sturmb auch sehr ubergeschlagen, unndt hat der Windt durch ein Berg ein Loch gemacht, also das der Strandt doselbst uber zwey Seyll zwüschen dem Haabe unndt der Sehe biss ann die Wisenn nicht breit ist, doselbst ist hochnöttig zu zeünen.**)

Nicht weit vonn do ist auch sich eines gleichen Bruchs unndt Aussriss, wo nicht zeitlichen vorgekommen, zu besorgen, ist aber mit Zeünen leicht zu verhuetten. Fürder vonn solchem Ort seindt fur funff Jaren Zeüne gemacht worden ungefehr funff Seyll lang, aldo hat das Wasser der Leütte Bericht nach auch ubergeschlagen.

Von dannen seindt wider andere Zeüne vor drey Jaren gemacht, ist auch gefehrlichen unndt bey zehn Seyll lang ist alles sehr nottig grosser Gefahr vorzukommen mit mehreren Zeünen zu versorgen.

Vonn ermelltem Ort eine halbe Meil biss ann das alte Tieff seindt auch allte Zeüne, ist gleicher Gestalt nöttig, weil aldo durch den Windt die Thunnen sehr aussgewaschen unndt niderig worden, das mehr Zeüne gemacht werden.

Vom alten Tieff biss ann den Schwarzenbusch unndt ann das neue Tieff ist es noch gut, Gott erhallte es zu langen Zeitten!"

§ 5.

Röehl und die Anwendung des Sandgrases an der Nordsee im 18. Jahrhundert. Die erste Kunde von der Thätigkeit eines Deutschen zur Festlegung des Dünensandes finden wir in Dänemark: eine steinerne Pyramide bei Tidsvild auf Seeland trägt in dänischer, deutscher und lateinischer Sprache die Inschrift:

Es dämpft den Fliegesand
Auf König Friedrich und Christians Geheis
Des Amptmanns Friederich von Grams getreuer Fleis
Und Röehls geübte Hand.
1738.

*) Die Länge eines Seiles, des zu jener Zeit üblichen Längenmaasses, betrug nach den Ermittelungen von Dr. Panzer (Altpreussische Monatsschrift 1889 S. 284) 43,3 Meter, die Länge einer Meile jener Zeit 7799 Meter.

**) Herzog Georg Friedrich befiehlt am 14. Januar 1583 den Visitatoren zu Fischhausen „gefehrliche Ortter unndt sonderlich den, ann welchem der Windt durch die Berg ein Loch gemacht, das der Strandt doselbst uber zwey Seyll zwischen dem Haab unndt der Sehe biss ann die Wisenn nicht breit sein soll" zu zäunen.

Die bei Tidsvild vorhandenen Binnendünen waren früher völlig bewachsen. Zur Zeit der schwedischen Kriegseinfälle um 1660 wurden aber die Wälder niedergeschlagen, der Sand wurde blosgelegt und geriet ins Treiben. Ganze Dörfer wurden überschüttet. Zur Befestigung der Dünen benutzte der deutsche, aus Bremen gebürtige Inspektor Röehl Sandfangzäune und Sandgras (Ammophila arenaria), ausserdem wurden die Flächen mit Seetang bedeckt. Auf den so beruhigten Dünen wurden in grossen Mengen verschiedene Laub- und Nadelhölzer, vorzugsweise die Weisskiefer gesäet.*)

Wie später die dänischen Stranddünen mit Sandgras unterhalten wurden, deutet eine Resolution des dänischen Königs Christian vom 19. April 1779 an, welche in dem Kopenhagener Archiv sich befindet. Danach wurde jedem Einwohner ein bestimmtes Stück der Düne zugewiesen, und derselbe gehalten, im Spätherbst die Aehren des Sandgrases in den Sand zu legen „und zwar 1/4 Elle tief und eine Quadratelle von einander entfernt. Und gleichwie der Same sonach auch im voraus ungedroschen sein musste, so wäre auch darauf acht zu geben, dass die Besamung von der westlichen Seite der Düne nach Osten zu geschehe, damit, wenn durch starke Sturmwinde etwas losgerissen würde, doch noch Hoffnung bleiben könnte, dass dasselbe weiter landeinwärts haften bliebe".**)

Auch auf den ostfriesischen Inseln waren die Sandgraspflanzungen schon Mitte des 18. Jahrhunderts bekannt. Auf einem im Jahre 1754 „von J. D. Tannen verfertigten Plane" der Insel Wangeroog, welcher sich im oldenburgischen Archiv befindet, ist an einer damals auf Wangeroog im Nordwesten vorhandenen grossen Durchbruchstelle der Vermerk eingetragen: „Offene Stelle von 90 rhein. Ruthen, woselbst die äusseren Dünen ganz weggespült sind, und werden hierselbst Helm (d. i. Sandgras) und Docken, um den Anwachs der Dünen zu fördern, gesetzt."***) Der Helm wurde danach auf Wangeroog nicht allein gesät, sondern schon 1754 gepflanzt.

§ 6.

Schutzzäune auf den Dünengraten der Ostseedünen. An den Dünen der Ostsee kannte man im 18. Jahrhundert das Sandgras noch nicht. Um dem unaufhaltsamen Vordringen der Wanderdünen, welche ganze Dörfer wie z. B. Kl. Voglers und Schmergrube auf der frischen

*) S. Wessely, der Europäische Flugsand, S. 164., Krünitzens Encyclopädie, Berlin 1787, Teil 40, S. 624 und Siemenssen, Dünen zu Warnemünde, 1803, S. 22.

**) Nach deutscher Uebersetzung in den Akten des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten F. III, 40 Vol. 2.

***) Blasius i. d. Zeitschr. d. Hannöverschen Ingenieur-Vereins, 1867, S. 162.

Nehrung überschütteten, Einhalt zu thun, wusste man kein anderes Mittel, als die Errichtung von Zäunen auf dem Dünengrat. Die Zäune wurden alljährlich im Herbst gesetzt und bestanden aus rohen Kiefernpfählen mit Bretterschwarten oder aus Fichtenreisern, welche senkrecht in den Boden gesteckt und am Gipfel durch Rundhölzer gehalten wurden. Durch diese Zäune glaubte man den antreibenden Sand fangen, und dadurch das weitere Vordringen der Wanderdünen verhindern zu können. Der Zweck wurde aber keineswegs erreicht. Grosse Sandmassen lagerten sich allerdings vor den Zäunen nieder. Andere Sandmengen trieben aber zwischen den Zäunen hindurch und über dieselben fort. Es wurde demnach das Uebel nicht beseitigt, sondern nur vorübergehend gemildert. Die vor den Dünen liegenden Sandmengen erreichten bald die Höhe der Zäune selbst und nötigten dazu, in den folgenden oder späteren Jahren neue Zäune auf den alten zu errichten. So wurde der Kamm der Düne immer mehr und mehr erhöht, der Dünengrat immer steiler und steiler. „Die Dünenrücken konnten sich nicht mehr halten, sie wurden unterweht und stürzten um. Die Zäune trugen auf diese Weise erst recht zu einer Verwilderung der Düne bei und richteten in der Folge mehr Schaden als Nutzen an; sie mussten, um nur vorübergehend den Sand vom Binnenlande abhalten zu können, alljährlich mehr landeinwärts gesetzt werden. Es wurde so der verderblichen Macht der Winde und der Wellen von Jahr zu Jahr ein grösseres wildes unbepflanztes Dünengebiet überlassen."*)

§ 7.

Titius. In Erkenntnis der grossen Gefahren, welche die Dünenwanderungen brachten, und überzeugt von dem schlechten Schutz der bisher angewandten Mittel, setzte die naturwissenschaftliche Gesellschaft zu Danzig, eine noch heut bestehende Vereinigung von Männern der Wissenschaft, im Jahre 1768 einen Preis auf die beste Beantwortung der Frage aus: „Welches sind die dienlichsten und am wenigsten kostbaren Mittel, der überhandnehmenden Versandung in der Danziger Nehrung vorzubeugen und dem weiteren Anwachs der Sanddünen abzuhelfen?" Der Professor der Naturlehre an der Universität Witenberg, J. D. Titius, welcher sich früher in Danzig aufgehalten hatte und mit den dortigen Verhältnissen bekannt war, schrieb hierüber eine kurze Abhandlung. Dieser fiel der Preis zu.**)

Titius führt aus, dass der Sand aus der Ostsee vom Winde herbeigeführt werde und empfiehlt als das einzige Mittel gründlicher

*) E. Kummer i. d. Zeitschr. für Bauwesen, 1896, S. 433.

**) S. den ausführlichen Titel im Anhang: Litteratur.

Abhilfe die Wiederherstellung der früher vorhandenen aber zerstörten Waldungen durch Nadelholz und besonders Akazien. Die Bäume müssen aber „beym Aufgehen in dergleichen leicht zu versandendem Boden eine Beschirmung erhalten, dass sie nicht vom Sande im ersten Wuchse überschüttet oder doch gehindert werden".

„Man lege dicht vor dem mit Acacien besäeten Strich Landes, nach der Seeseite, einen Sandzaun, in der Höhe fast eines Mannes an, damit nur die ersten Jahre hindurch der junge Anflug vor dem fliegenden Sande gesichert werde. Hätte der Wind Dämme oder hohe Sanddünen zur Bedeckung von der Seeseite her bereits verursachet, so thun diese eben die Dienste, und es ist nicht mehr nöthig, als selbige durch allerley, in der Weite von drey Schuh zu drey Schuh oben auf ihre Anhöhe fest eingestecktes, mit Blättern versehenes mannshohes Ellern- und Birkenreis noch mehr zu erhöhen. Denn so bald dergleichen Reisgebüsche nur nachlässig, jedoch fest genug in einer Reihe neben einander hin gestecket wird, leget sich der Sand durch den stäten Windstrich daselbst an, und erhöhet den Sanddamm so sehr, dass solcher allein zur Beschirmung dienet."

Die Anlage derartiger Sanddämme aus Fangzäunen hat Titius im Binnenlande gelernt. Er beruft sich auf ein Beispiel: „Eine fruchtbare Gegend war durch den Flugsand ganz versandet worden. Das Amt liess auf herrschaftliche Anordnung erstlich Sandzäune von dergleichen nachlässig gesteckten Sträuchern anlegen. So bald sich der grobe Sand daran anhäufete und einen etwas breiten Damm vorstellte, wurden auf diesen abermals solche Gesträuche gestecket, und endlich hinter dieser Bedammung, hinter diesen Sandflagen, ein ansehnliches Gehölze von Kiefern und Fichten angeleget. durch welche Mittel dieser ganze fast versandete Strich gerettet und jetzt wiederum zum tragbarsten Acker gemachet worden."

Aber mit der Herstellung der Sanddämme begnügt sich Titius nicht. Er sucht sie auch zu befestigen: „Hat man nur auf diese Weise zur Abhaltung des ferneren Versandens einen Anfang gemacht: so ist alsdann zu gleicher Zeit darauf zu sehen, wie der Sandboden teils nach dem Seeufer zu, aber vornehmlich in dem anfliegenden Holze, fest, zusammenhaltend und überall bewachsen, auch nach und nach von selbst fruchtbar werde. Um auch in dieser Betrachtung alle Ausschweifung zu vermeiden, will ich mich augenblicklich zu derjenigen Pflanze wenden, womit seit dem Anfange dieses Jahrhunderts die dänische Insel Seeland von der gänzlichen Versandung an ihren Küsten ist gerettet worden, und die an den nordjütländischen Küsten von der gütigen Natur zur Befestigung der Seekanten und zur Hemmung des fliegenden Sandes häufig vorgebracht wird. Es ist dieses der sogenannte

Klittag oder Klitte-tag, eine Art von Aehrengewächse auf einem Rohrstängel, welche vom Pontoppidan aus Killings viridanio danico für eine Art Sandrohr (Arundo arenaria) ausgegeben wird. Die Art und Weise, wie dieser Klittag gesäet und gebauet wird, will ich hier gleichfalls, der Kürze wegen, nicht anführen. Mir bleibt nur übrig zu berühren, dass diese Pflanze die wenigste Cultur erfordert, und die zuverlässigste Wirkung hat, dass sie perennirend sei, in zwey bis drey Jahren gewaltig um sich greife und wuchere, dass sandige Seeufer in kurzer Zeit derb und zuletzt durch öfteres Abhauen und Faulen der verdörrten Stoppeln gar fruchtbar mache."

An Stelle des Klittag „dafern man sich den Saamen und die Aehren davon nicht aus Seeland oder Jütland bringen lassen will", hält Titius auch den Seehafer oder „das Habergras des Linnäus (avena perennis, floribus in eadem spicula masculinis et hermaphroditis)" für geeignet, sowie das Seekorn oder Weizengras mit gesenkter Aehre (Triticum perenne spica nutante)". Er fährt dann fort: „Sobald diese gedachten Sand- und Seegräser nur ein paar Jahre gestanden, Wurzel gefasst und um sich gegriffen haben, so säe man andere fruchtbare Nutz- und Fütterungskräuter darunter, die ebenfalls ein sandiges Erdreich vertragen, und die man fürs Vieh, oder auch zu anderer Absicht füglich gebrauchen könne." Hierzu schlägt er vor: den Knöterich (spergulae sylvistris), die Nodosa, eine Art der Spergulae campestris, den Ginster, das Meerpfriemgras, Heidekraut, Bilsenkraut u. a. Er bezeichnet es „allemal als ein Vorurteil, wenn man glaubt, die Sandfelder wären durchaus unfruchtbar. Sie sind es freylich in Absicht auf die Getreidearten, welche man, wider die Beschaffenheit des Bodens, darinnen erzeugen will. Ein tiefwurzelndes Gewächse hergegen kömmt in klarem Sande fort; und dies um so viel eher, je gewisser der Sandgrund in der Tiefe nass genug seyn muss". Darum hofft er, dass man mit der Zeit „Sommerrocken, noch besser den türkischen Waizen oder Mais und die Tartoffel, eine Frucht bloss für trockne, sandigte Gegenden und für die sonst unfruchtbaren Gebirge" würde gewinnen können.

Zum Schluss macht er folgende verständige, noch heut zu beherzigende Bemerkung: „Ich mache bey denen von mir gegenwärtig vorgeschlagenen Mitteln zum Beschlusse noch diese Hauptanmerkung, dass, dafern selbige einmal ins Werk gesetzet werden, man theils im Anfange, theils in der Folge fleissig darauf sehe, wie und welchergestalt sie dem Endzwecke gemäss wirken und der Natur überall zu statten kommen, auch alsdann, wenn die Arbeit glücklichen Fortgang gewinnt, oder gar mit der Zeit zu Stande gekommen, niemals die Aufsicht darüber versäume, sondern es an nöthiger Verbesserung und Pflege auf keine Weise fehlen lasse."

§ 8.

Vergebliche Versuche mit Sandgras an den Ostseedünen im 18. Jahrhundert. Nach den Vorschlägen von Titius wurden in den Danziger Dünen Versuche mit Sandgraspflanzungen ausgeführt.*) Die Versuche missglückten. Es ist anzunehmen, dass Titius, welcher in Wittenberg lebte, sie nicht selbst geleitet hatte. Im September 1770 erbot sich ein Schiffskapitän, namens Jantzen, die Dünen mit Sandgras zu bepflanzen, so wie er es in Dänemark gesehen hatte. Man gab ihm 300 Gulden, um Samen zu kaufen und einige sachkundige Arbeiter mitzubringen. Aber Jantzen erkrankte. An seiner Stelle traf am 11. Juni 1771 ein gewisser Abraham Lindström aus Halland in Schweden mit einigen Tonnen Sandgrassamen in Danzig ein. Es wurde nunmehr der Versuch auf zwei Dünenflächen von je 1/4 Morgen Grösse in der Mitte zwischen Weichselmünde und Heubude ausgeführt. Jede Versuchsfläche wurde ringsum von Zäunen umgeben und ausserdem durch zwei Schutzzäune gesichert, welche an der Seeseite in je 200 Schritt Entfernung vor den Versuchsflächen errichtet wurden. In den Flächen wurden Löcher mit einer Elle Abstand hergestellt, und in dieselben ein Korn des Strandhafers gelegt, die Saat aber mit Fichtenstrauch bedeckt.

Die Versuchsflächen scheinen Dünenhügel gewesen zu sein. Wegen der vorgerückten Jahreszeit hatte man wenig Hoffnung, dass der Versuch gelingen würde. Der Erfolg blieb auch in der That aus. Aber trotzdem man den Misserfolg vorausgesehen hatte, liess man sich durch das Eintreffen desselben so sehr abschrecken, dass, als Lindström sich zu einem zweiten Versuch anfangs Mai 1772 meldete, er von der Stadt Danzig abgewiesen wurde.

In späteren Zeiten unterliess man die Kultur des Sandgrases ganz, und begnügte sich, wie früher Sandfangzäune auf den Dünengraten zu errichten. Die Zäune wurden 0,63 m hoch aus Fichtenreisern hergestellt. Erst im Jahre 1793, als Danzig dem preussischen Staat einverleibt wurde, kam auch die Festlegung der Dünen zur Sprache. Man überzeugte sich damals, dass nicht nur der Stadtwald von Jahr zu Jahr weiter verwüstete, sondern dass auch der Handel von Danzig ernstlich bedroht wurde, indem die wandernden Dünen stellenweise die Weichsel erreicht hatten und sich in diese zu stürzen drohten. Eine Versandung und vielleicht eine vollständige Sperrung des Fahrwassers musste befürchtet werden.

*) Diese und die folgenden Angaben über Jantzen und Lindström sind vom Verf. alten Akten des Danziger Magistrats entnommen.

C. Sören Biörn.

§ 9.

Auftreten des Sören Biörn. In dieser Not trat ein Danziger Krahnmeister namens Sören Biörn, ein Däne von Geburt, auf. Er erbot sich, gemäss den Ratschlägen von Titius und im Anschluss an die Lehren des Professors der Botanik Wiborg in Kopenhagen, sowie nach den von ihm in Dänemark gemachten Beobachtungen den Flugsand zu bändigen. Er unterbreitete seine ersten Vorschläge im Jahre 1795. Sofort noch im Spätherbst desselben Jahres wurde ein kleiner Versuch ausgeführt. Er glückte. Sören Biörn erstattete hierüber unterm 10. März 1796 einen Bericht und arbeitete gleichzeitig eine Denkschrift aus: „Wie der allmähligen Versandung der Nehrung durch Dünen-Bau und Bepflanzung möglichst kan vorgebeugt werden.*)

Die Denkschrift zeigt, mit welcher Sicherheit Biörn schon damals die Grundlagen erkannt hatte, auf welchen sich die Befestigung der Dünen erreichen lässt. Er schrieb u. A. (§ 5):

„Das einzige Mittel wäre also dieses, eine dauerhafte Bepflanzung zu bewürcken, welche durch eine schützende Verzäunung und Befriedigung, den Flugsand-Boden zur Ruhe brächte, so wie auch eine höchst nötige Wartung; durch Aufmercksamkeit für die Zukunft und die fernerhin zur dauerhaften Sicherung des Landes nothwendige Waldanlage. Es ist daher erstlich zu sorgen für die Anlage der daselbst fortkommenden und perennirenden Pflanzen, die den Sand des Bodens festhalten; dann auch für die, die den Boden mit berasen helfen, ferner für Gesträuche, die künftig als lebendige Zäune den berasten Boden gegen den Sandflug decken, und zuletzt für Hölzer, deren künftiger Anwuchs von den Gesträuchen und Pflanzen beschirmt, hier fortkommen können. Ich bin nach der localkünde überzeugt, dass keine andere, als eine lebendige Beflanzung, von nutzbarer Dauer sey, so wie diese unmöglich ohne Verzäunung, hier einen sicheren Schutz vor den Winden und dem Sandfluge haben kann. Aus dieser Verzäunung entstehet auch die wegen des Viehes so nötige Befriedigung. Wird also hiedurch der Sandflug gehemmet und selbst der aus der See annoch kommende Sand modificiret, auch die Kraft der Sturmwinde minder schädlich gemacht, so geniesset natürlich die vorgeschlagene Pflanzung Ruhe. — Durch ruhige Befriedigung finden sich ausserdem von selbst viele Sandpflanzungen ein, die sich diesen Boden als ihre Heymath zueignen."

*) Siehe die Veröffentlichung dieser Denkschrift genau 100 Jahre später durch den Oberbaudirektor und Professor E. Kummer in der Zeitschr. f. Bauwesen. 1896. S. 431.

Er empfiehlt vor allen Dingen das Pflanzen von Ammophila arenaria, welches er Klittetag oder Helm nennt, demnächst Elymus arenarius. Ueber die Aufzucht dieser Pflanzen sagt er (§ 6): „Auf der oberen Höhe, so wie an dem Abhange der Sanddünen, Seewerts, lasse ich die von beiden Gattungen gezogenen Pflanzen, ungefähr 9 bis 12 Zoll tief und 2 Fuss auseinander im * * * fest eingraben. Eine Art von Sturmzaun decket selbige, damit sie nicht, bevor sie sich angewurzelt haben, vom Winde ausgerissen werden. Tiefer nach unten, wo sich mehr Ebene findet, werden die Saamen, wie gedacht, in ihren Aehren in den Sandboden gebracht etwa 4 Zoll tief."

Sören Biörn verbindet demnach Saat und Pflanzung für die Kultur des Sandgrases und schützt dieselbe durch Sturmzäune. Endlich legt er aber ganz besondern Wert auf die Anlage von Waldungen (§ 6): „So vortheilhaft es auch ist, und der einzig mögliche Weg, durch Anlegung der Pflanzung den Sand auf den Dünen für die Zukunft zu hemmen: so bleibt doch eine Wald Anlage vorzüglich durch die Einsääung des Fichten Saamens, für die Zukunft Hauptzweck der ganzen Arbeit, daher selbige nie früh genug angefangen werden kann. Ich habe auch das anwendbar gefunden, was in dem Hannoverischen Magazin von 1781 vorgeschlagen wird, nehmlich die Pflanzung junger Fichten, von 4 bis 5 Jahren, die 3 kaum 4 Fuss hoch sind, und im Anfange des Frühjahres nebst ihrer Muttererde in den Sand als eine Art von Zaun für den Wind versetzt werden sollen, so wie auch die Anpflanzung verschiedener Weidengattungen möglich sey."*)

§ 10.

Thätigkeit des Sören Biörn. Wie eigentümlich trotz der Richtigkeit der Lehren das erste Versuchsfeld des Sören Biörn ausgesehen hat, zeigt die Skizze Abb. 208.**) Es ist das Feld von 1795. Eine

*) Ungefähr zur selben Zeit als Sören Biörn auftrat, wurde die Kultur in denjenigen Dünen des Auslandes begonnen, welche den deutschen Dünen in Bezug auf Ausdehnung und Höhe am nächsten stehen: den Dünen in der Gascogne. Hier hatte Brémontier 1788 zunächst durch Entwässerung der Binnenländereien die Kultur begonnen, sie dann durch Ansaat von Pinus maritima unter Strauchbedeckung und durch Ausbildung der Vordünen mit Hilfe von Sandgras (Ammophila arenaria, in Frankreich gourbet genannt) vollendet, so dass bis zu seinem 1809 erfolgten Tode weite Flächen kultivirt waren. Leider hat Brémontier sein Andenken dadurch getrübt, dass er die Verdienste seiner Vorgänger verschwieg und für sich in Anspruch nahm. Nach neueren Forschungen französischer Ingenieure (Grandjean, les Landes S. 53; Buffault S. 69) ist der Erfinder der französischen Dünenbefestigungen ein Marine-Ingenieur, Baron de Charlevoix-Villers, dessen in den Jahren 1778—1780 ausgearbeitete Denkschriften Brémontier kannte und benutzte.

**) Entnommen der „Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten die Baukunst betreffend von Mitgliedern des Preussischen Oberbaudepartements." 1798. II. S. 81. Tab. 1.

Skizze von irgend einer seiner späteren Bauausführungen ist leider nicht erhalten.*) Die Skizze zeigt die verschiedensten Anlagen von Schutzzäunen auf den Dünen. Es bedeutet:

a einen Dielenzaun aus Fichtenpfählen mit dagegen genagelten Schwarten, zwischen welchen Fugen von einem Zoll Breite blieben.

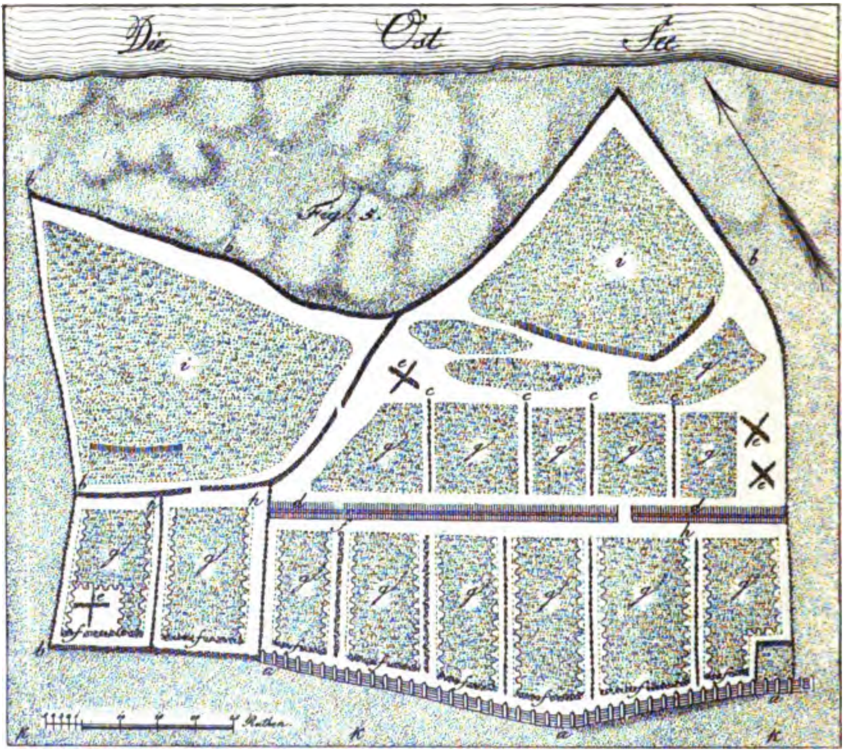


Abb. 208. Erstes Versuchsfeld des Sören Biörn vom Jahre 1795.

Er soll den letzten Ruhepunkt für den Flugsand bilden und nach Bedürfniss bei etwa eintretender Versandung gehoben werden.

b ist ein Strauchzaun, welcher aus eingesteckten Fichtenreisern hergestellt wird und zur Umfriedigung der ganzen Fläche dient. Der Zaun folgt dem Fuss des Dünenhügels längs des Strandes so genau, dass er sogar mit einer scharfen Ecke an den Letzteren herantritt. Der

*) Hagen vermutet in der Skizze (Abb. 208) eine Zusammenstellung der von Biörn angewandten verschiedenen Methoden (III. S. 143). Der Umstand, dass sie das erste Versuchsfeld von 1795 darstellt, war ihm unbekannt geblieben.

Zaun dient zum Abhalten des Weideviehes und zum Auffangen des anwehenden Sandes.

cc sind nach Biörns Bezeichnung Fangzäune. Sie werden wie die Zäune b aus Fichtenreisern gebildet, die in den Boden gesteckt werden. Sie sind aber niederiger als die Strauchzäune b. Sie finden sich in zwölf Ruthen Entfernung von einander und folgen dem Gefälle der Fläche vom Kamm nach der Tiefe.

d nennt Biörn Sturmzäune. Sie bestehen aus eingegrabenen Pfählen, gegen welche drei Spaltlatten horizontal genagelt werden. Zwischen diesen Spaltlatten wurde Erlenstrauch lothrecht eingeflochten. Wir nennen solche Zäune heut Flechtzäune. Biörn legte auf diese Zäune ganz besonderen Wert; er betonte aber, dass sie nicht dicht, sondern durchlässig für Sand sein müssten.

e sind kreuzweiss gesetzte, kurze Strauchzäune, „um damit in hohlen Vertiefungen dem wirbelnden Sandfluge vorzubauen.“

f bedeuten Verzäunungen aus lebendem Gesträuch, vorzugsweise aus Pappeln oder Weiden, die als Stecklinge gesetzt wurden.

g, Sand- und Rohrpflanzen.

h, Sandweiden.

i, besäte Plätze.

k, oberste Spitze der Sanddüne.

Im Jahre 1796 erhielt Sören Biörn die Ermächtigung, einen Versuch im grossen auf einer Strecke von $1/4$ Meile auszuführen. Auch dieser Versuch hatte Erfolg. Damit war der Weg für die Festlegung der Dünen gegeben. Die Arbeiten wurden von Danzig aus begonnen und in östlicher Richtung fortgesetzt. Ihre Leitung wurde Sören Biörn unterstellt, welcher mit dem Titel „Königlicher Plantagen-Inspektor“ in den Staatsdienst übernommen wurde. Im Verlauf dieser Thätigkeit erhielt er später 1799 den Titel: „Ober-Plantagen-Inspektor“ und 1805 den Charakter als „Cammer-Commissions-Rath“.

§ 11.

Sören Biörns Erfahrungen. Die Erfahrungen, welche Sören Biörn im Laufe der Jahre gesammelt hatte, sind in zahlreichen Gutachten niedergelegt, welche von ihm über die Behandlung der Dünen auf der frischen und kurischen Nehrung abgegeben wurden. Er drang bei jeder Gelegenheit auf die Anlage von Zäunungen, um den von der See ausgeworfenen Sand aufzufangen. Diese Zäune liess er niedrig, 0,3 bis 0,47 m hoch und durchlässig aus eingegrabenem Strauch herstellen. Sie wurden längs der See unter Umständen in mehreren Reihen hinter einander errichtet, sowie in kreuzweisser Aufstellung zur Ausfüllung von Vertiefungen und zum Ausgleich steiler Böschungen.

Auf den seeseitigen Abhängen der hohen Dünen bis nach dem Strande hin wurden derartige Zäune in gleichmässigen Abständen aus lebenden Pappeln oder Weidengesträuch hergestellt, welche mit dem anfliegenden Sande in die Höhe wachsen sollten. In den so entstandenen Abteilungen wurde Sandgras gepflanzt und gesäet, nämlich auf den höchsten Teilen der hohen Düne gepflanzt, in den tieferen Teilen derselben nach dem Strande hin gesät. Ausserdem wurden mitten auf dem Kamm der Düne Sturmzäune aus Schwarten oder geflochtenem Reisig aufgestellt, um die landseitigen Böschungen der hohen Düne vor dem Sandflug zu schützen. Diese Böschungen blieben sich selbst und der natürlichen Benarbung überlassen.

War auf diese Weise die Sandfläche festgelegt, so wurde mit der Aufforstung derselben begonnen. Hierzu verwandte Biörn in erster Linie die gemeine Kiefer. Ueber deren Behandlung schrieb er 1807*):

„Zuförderst muss der sandige und lockere Boden, entweder durch eine Berasung grösstentheils gedeckt und benarbet seyn; ein solcher sandiger Boden muss nie durch den Pflug aufs neue in Bewegung gebracht werden. Zur Saat wähle man am liebsten den in der Sonne ausgeklengelten und noch beflügelten Samen, wenn er zu haben, dieser geht nicht allein sicherer, sondern auch schneller im gedachten Boden auf, wodurch die noch im sandigen Boden befindliche Feuchtigkeit, auf welche fleissig zu merken, gehörig benutzt, und die jungen Wurzeln vor eintretender Düre schon tiefer in den Boden hinabgedrungen. Die Vorbereitung des gedachten berasten Bodens bestehe allein darin: bey feuchter Witterung mit der Handegge selbigen wund zu machen. Am sichersten fange ich stets unten von den ruhigsten Flächen an, und pflanze im Schutz und Schatten der Anwachsenden immer höher nach den Dünen hinan. Zuerst bepflanze ich den möglichst beschützten Boden, welchem ebenfalls Ruhe und Schutz für Menschen und Vieh zu verschaffen ist, und bewaffne mich übrigens mit Beharrlichkeit, mehreremale nachzusäen und nachzupflanzen, da vorzüglich die Saat ganz von der Witterung abhängt, auch nicht alljährlich gedeihet."

Nächst der Kiefer benutzt er die Erle, „die rothe und die weisse, beyde kommen an den Seeufern ungemein gut fort, die zwey- und vierjährigen sind die besten. Sie sind die vorzüglichsten nächst den Kiefern auf den Dünen. — Birken können nicht so leicht auf den Dünen aus dem Samen produzirt werden, daher sie aus nahgelegenen, in dieser Absicht angelegten Baumschulen genommen und dorthin verpflanzt werden müssen. — Die Ebereschen wachsen auch im Sande besonders gut und bringen häufig ihre Beeren zur Reife. — Fast alle

*) Sören Biörn. Ueber die vorteilhafteste Behandlungs-Methode bei Besamung und Bepflanzung der Kiefern. 1807. S. 24.

Weiden kommen auf den Dünen, selbst auf den höchsten Kuppen derselben, sehr gut fort und geben den höchsten Dünen nicht allein einen Schutz, sondern gewähren auch dem Auge das angenehme Ansehen grüner Berge."

Auch Kiefernpflanzen wurden von Biörn gezogen. Er schreibt: „Mit jungen Kiefernpflanzen in grosser Anzahl aus den Baumschulen ist es mir in den Flächen gut gelungen; im Grossen, auf meilenweiten Strecken aber, würde eine grosse Menge erforderlich seyn. Ich strebe schon so weit vorzurücken, dass ich aus den dicht bestandenen Strecken eine Menge ausheben kann. Zwischen zwey bis fünf Jahren ist das angemessenste Alter zum Verpflanzen derselben."

Mit dem Jahre 1807 geriet das ganze Werk ins Stocken. Danzig war durch Napoleon I. in einen Freistaat umgewandelt worden, dessen Hilfsmittel die Fremdmacht erschöpfte. An die Fortführung der Dünenbefestigungen konnte nicht gedacht werden. Man musste zusehen, wie die Franzosen durch Aufwerfen von Schanzen, durch rücksichtsloses Reiten und Fahren auf den befestigten Dünen die Arbeit früherer Jahre vernichteten, und bemühte sich nur, das Vorhandene notdürftig zu pflegen und eine geringe Zahl von Dünenarbeitern in Uebung zu erhalten.*) Erst als im Jahre 1813 die Scheinrepublik aufgehoben und Danzig wieder preussisch wurde, konnte das früher begonnene Werk fortgesetzt werden. Aber nur noch kurze Zeit war es Sören Biörn vergönnt, die Arbeiten zu leiten. Er starb im Jahre 1819.

„Die von ihm angegebene Dünenbauweise hat sich derart bewährt, dass sie im grossen und ganzen noch jetzt eingehalten wird. Sie hat an unserer Ostseeküste vor nunmehr einem Jahrhundert die Grundlage zu geordneten Verhältnissen gegeben; sie hat daselbst zur Sicherung der binnenseits gelegenen Culturen, zur Verminderung der Sandbewegung am Strande entlang und zur Beschränkung der Verflachungen auf den Riffen vor den Häfen wesentlich beigetragen."**)

D. Krause und Hagen.

§ 12.

G. C. A. Krause. Als Nachfolger des Sören Biörn wurde 1820 Georg Carl August Krause (geb. 1780) mit dem Titel „Plantagen- und Dünenbauinspektor" in Danzig angestellt.***)

*) Nach den Akten des Danziger Magistrats.

**) E. Kummer i. d. Zeitschr. für Bauwesen. 1896. S. 433.

***) Krause war als Staatsbaubeamter der einzige Dünenbeamte, welcher die Bezeichnung „Dünenbauinspektor" im Gegensatz zum Titel „Düneninspektor" geführt hat.

Krause hat sich nächst Biörn die grössten Verdienste um den Dünenbau erworben. Ihm sind die Fortsetzungen der Dünenbefestigungen von Danzig bis zur ostpreussischen Grenze auf der frischen Nehrung zu danken. Da die ihm zur Verfügung stehenden Mittel nur beschränkt waren, bei der grossen Ausdehnung der Dünen aber eine schnelle Befestigung derselben geboten war, so bildete Krause vorzugsweise die Befestigung durch Sandgras aus.

Die Sturm- und Dünenzäune auf den Graten der hohen Dünen, welche der Leeseite derselben nur einen unvollkommenen Schutz gaben, wurden von Krause beseitigt. Er verwandte sie in Zukunft nur noch bei Einrissen, Kessellöchern und anderen Orten, wo es galt, durch eine kräftige Anlage die Gewalt des Windes zu brechen. An der Leeseite der Dünen, welche man früher sich selbst überlassen hatte, wurde sorgfältig darauf geachtet, die entstehenden Kehlen, Einrisse und Windlöcher auszubessern und mit Sandgras zu bepflanzen.

An der Vordüne hatte die dort früher ausgeführte Sandgrassaat zu hügelförmigen Bildungen Veranlassung gegeben. Es wurden die Hügel durch neue Grassaaten verbunden. Für die Ausführung dieser Saaten wurde es aber als vorteilhaft erkannt, nicht die Aehren in Furchen zu legen, sondern sie zu dreschen und den reinen Sandgrassamen zu verwenden.

Krause fand ferner, dass auf den hohen Dünen die früher zum Schutz der Sandgraskultur angelegten Weidenhecken entbehrlich waren, sobald an Stelle derselben das Sandgras in Reihen gepflanzt wurde. Es wurden daher die Weidenhecken nach und nach fortgelassen und zu ihrem Ersatz Sandgrasreihen zuerst 1824 in den tieferen, dann 1829 auch auf den höheren Teilen der Wanderdüne angelegt. Es wurden nicht allein Längsreihen gezogen von dem Kamm der Wanderdüne nach dem Fuss, sondern auch Querreihen senkrecht gegen diese, so dass Quadrate entstanden. In den so gebildeten Feldern wurde der Sand durch büschelweise gepflanzte Gräser festgelegt. Je dichter die Maschen des Netzes gezogen wurden, um so sicherer war die Befestigung des Sandes; je steiler die Neigung der Fläche, um so enger wurden die Felder. Die Seitenlängen derselben betrugen 4 bis 18 Fuss (1,25 bis 5,65 m). Wo heftige Windstösse und Wirbelwinde zu befürchten waren, wurde enge Felderteilung gewählt. Abb. 209 zeigt eine solche von Krause ausgeführte Netzpflanzung. Sie ist der Tafel IV seines Werkes entnommen. Nur an steilen Böschungen, welche unter dem Winde lagen, liess Krause niemals Netze ziehen, sondern hier nur das Sandgras in abwärts gerichteten Reihen pflanzen, damit der Sand von der Höhe nach der Tiefe rieseln konnte.

Krause starb am 18. Dezember 1858 im Alter von 78 Jahren, bis zu seinem Tode im Dünenbau thätig. Ein besonderes Verdienst hat er sich erworben durch die Ausarbeitung seines Werkes über den Dünenbau an den Ostseeküsten Westpreussens. Es geschah dies auf Anordnung des Ministeriums im Jahre 1850, als Krause bereits 70 Jahre alt war.

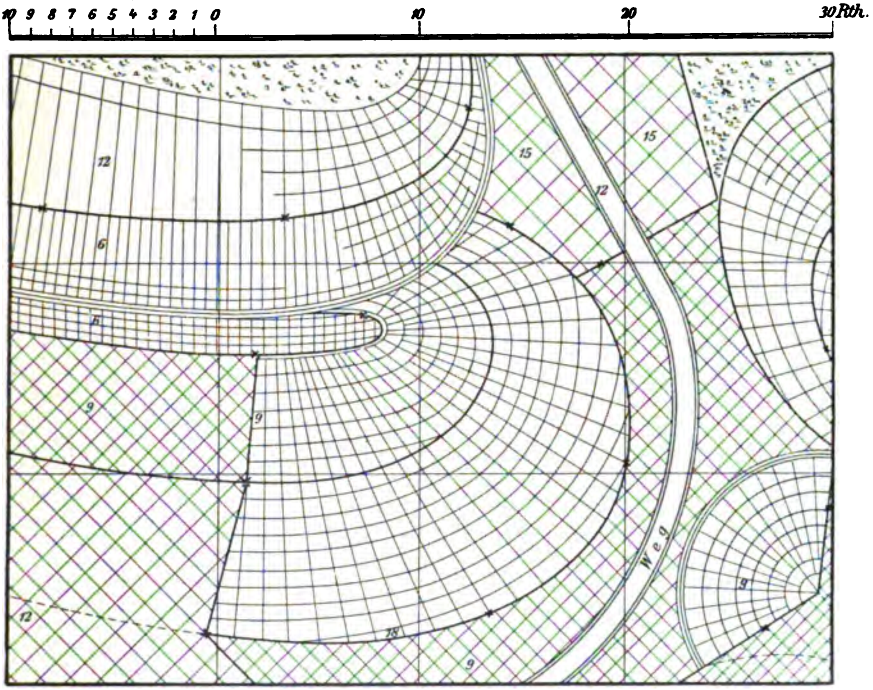


Abb. 209. Sandgraspflanzung auf Wanderdünen von Krause.

§ 13.

Der ostpreussische Teil der frischen Nehrung. Dieser Teil der Nehrung war gegen Ende des 18. Jahrhunderts unregelmässig mit Sandbergen bedeckt und mit Einrissen durchzogen, durch welche die See frei hindurchging. So ging nachweisbar*) unweit der Strandhäuser bei Neutief die See in einer tiefen Rille quer über die Nehrung. Löcher von 10 Fuss Tiefe und mit Seewasser gefüllt waren hier vorhanden. Schon 1784 hatte man versucht, durch Zäunungen diesem

*) Akten der Dünenmeisterei Gr.-Bruch.

Uebelstande zu begegnen. Da die Zäune nicht schnell genug wirkten, so wurden 1795 bis 1799 unter Leitung des Hafenbauinspektors von Morstein und des Baukondukteurs Le Sage Dämme durch die tiefsten Kolke längs der See geschüttet und dieselben an ihrem Fuss durch Rauhwehren gesichert. Ausserdem wurden Flechtzäune gesetzt und Weiden gepflanzt.

Ein heftiger Sturm aber, welcher am 3. November 1801 den grössten Teil der Zäune vernichtete, gab Veranlassung, Sören Biörn zu Rate zu ziehen. Nach dessen Vorschlage wurden niedrige Zäune angelegt, die Dünen mit Sandgras kultiviert, Weiden, Erlen und Kiefern gezogen. Doch begnügte man sich bei den geringen Mitteln damit, die gefährlichsten Kolke und Untiefen zu beseitigen. Die Arbeiten standen unter Leitung des Hafenbauinspektors von Pillau.

§ 14.

Gotthilf Hagen. Die Stelle des Hafenbauinspektors in Pillau wurde im Frühjahr 1826 dem damaligen Wasserbaukondukteur, späteren Oberlandesbaudirektor Gotthilf Hagen übertragen. Dieser nahm sich der Dünen mit besonderer Wärme an. Sofort im ersten Jahre seiner Thätigkeit liess er auf 4,5 km Länge doppelte Fangzäune in geraden Linien längs der See errichten. Er baute dieselben in solcher Entfernung vom Wasser, dass ein Strand von hinreichender Breite verblieb, so dass die auflaufenden Wellen ihre Kraft verloren hatten, wenn sie die Zäune erreichten. Durch Festlegung des angehägerten Sandes mit Dünengras wurde demnächst eine vortreffliche Vordüne ausgebildet. (Vergl. V. Abschn. § 21.)

Neben diesen Arbeiten wurden in den tiefen Teilen der Nehrung Birken und Ellern gepflanzt und die Wanderdüne befestigt. Letzteres führte Hagen teils durch Sandgraspflanzung, teils durch Fangzäune aus, welche in den Schluchten der Dünenberge errichtet wurden und zum Ausgleich der Unebenheiten beitrugen.

Die Vordüne wurde stückweise alljährlich verlängert. Sie erhöhte sich von Jahr zu Jahr, so dass, als Hagen die Leitung der Dünenbauten abgab, die Vordüne auf der frischen Nehrung im geschlossenen Zuge hergestellt war.

Sören Biörn hatte eine eigentliche Vordüne nicht geschaffen. Er hatte sich damit begnügt, die hohen Dünen, welche zufällig an der See lagen, festzulegen und zwar so, wie er sie fand. Krause bemühte sich, zwischen den an der Seeseite vorhandenen Höhen durch Aussaat von Sandgras Verbindungen herzustellen. Es kam auch ihm auf die Schaffung einer gleichmässig verlaufenden Vordüne nicht an, er wollte vielmehr nur die Bildung von Windrissen verhindern. Hagen war

der erste, welcher den Wert einer vollkommen gleichmässig geführten Vordüne erkannte und sie auf der frischen Nehrung anlegte. Damit war die Grundbedingung für die Kultur der Binnendünen gegeben. Nach Hagen hatte auch Krause die künstlichen Vordünen schätzen gelernt und sie im westpreussischen Teil der frischen Nehrung ausgebildet.

In seinem späteren Leben als vortragender Rat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten und als Oberlandesbaudirektor hatte Excellenz Gotthilf Hagen vielfach Gelegenheit, für die Dünenkultur segensreich zu wirken. Eine besondere Förderung hat er derselben durch die sachkundige eingehende Behandlung in seinem Handbuch der Wasserbaukunst, III. Teil, 2. Bd., Seeufer und Hafenbau, zuteil werden lassen.

§ 15.

Krause und die dritte Dünen-Sektion, 1834 bis 1838. Die Dünen zwischen Danzig und Ostpreussen waren früher wirtschaftlich in drei Sektionen eingeteilt: die erste reichte von Danzig bis Weichselmünde, die zweite von hier bis Kahlberg und die dritte bis zur Grenze.

Sören Biörn hatte nur in der ersten Sektion eine Thätigkeit ausgeübt. Krause vollendete demnächst die Kultur der ersten Sektion und kultivierte auch die zweite. Die Kultur der dritten Sektion scheiterte aber lange Zeit an dem Widerstande der Danziger Stadtverwaltung. Sie blieb verwahrlost. Nur wenige Reste eines alten Baumwuchses waren inmitten der Sektion an der Haffseite vorhanden; unter dem Schutze derselben hatten sich Fischer angesiedelt. Aber die Wanderdünen rückten unaufhaltsam gegen die Waldungen und Fischerdörfer vor. Letztere mussten zunächst geschützt werden. So war man gezwungen, die Befestigung der Wanderdünen in der dritten Sektion aus der Mitte heraus zu beginnen.

Es geschah dies zuerst am Dorfe Narmeln nahe der ostpreussischen Grenze. Hier bedrohten zwei Kuppen von Wanderdünen die Ortschaft. Es waren die Kuppen x und y der Abb. 210, welch Letztere einer Zeichnung in dem Werke von Krause nachgebildet ist. Die östliche Kuppe x hatte sich schon so weit vorgeschoben, dass die gefährdeten Häuser hatten abgebrochen werden müssen, und das Dorf in zwei Teile zerlegt worden war. Die Befestigungsarbeiten begannen am 9. Dezember 1833. Krause liess zunächst in der Richtung des herrschenden Windes die Sandgraspflanzung a b c . . . n ausführen und hierbei in g h i k eine grosse besonders schädliche Windkehle decken. Demnächst im Jahre 1834 wurde der seeseitige Hang der Wanderdüne, sowie der Naitoberg, welcher gleichfalls den Ort gefährdete, durch Sandgras befestigt, und endlich die sogenannte innere Vordüne an-

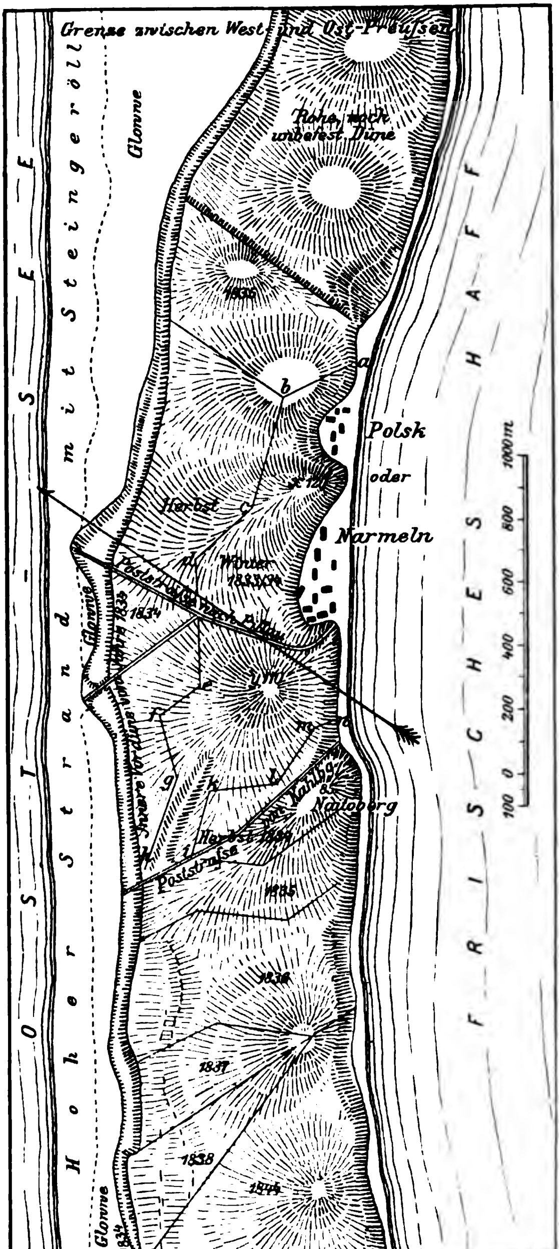


Abb. 210. Sicherung von Narmeln gegen die Wanderdünen mittels Sandgraspflanzung durch Krause in den Jahren 1833 bis 1838.

gelegt. Es war dies eine 10 Ruten, d. i. 37,7 m breite Sandgraspflanzung am nördlichen Fuss der Wanderdüne, welche den vom Strande kommenden Sand aufhalten sollte. Diese innere Vordüne wurde im folgenden Jahre mit 4 Ruten, d. i. 15 m Breite über die ganze dritte Dünensektion verlängert, also auch längs des Fusses derjenigen Wanderdünen angelegt, welche noch nicht durch Sandgras befestigt waren. Es geschah dies, um ein weiteres Anwachsen der Dünen zu verhüten, ihre Höhen vielmehr durch das Abtreiben der Sandmassen zu ermässigen.

Die Karte zeigt, wie in den weiteren Jahren die Befestigung fortgesetzt wurde, so dass bis zum Jahre 1838 alle Sandhügel festgelegt waren, von welchen der Ortschaft Gefahr drohen konnten. An der Westseite bildete die herrschende



Abb. 211. Narmeln auf der frischen Nehrung im Jahre 1898. (Aufnahme d. Verf.)

westliche Windrichtung die Grenze. An der Ostseite war eine breite Sandgraspflanzung angelegt worden zum Schutz gegen die rohe noch unbefestigte Düne. Dieser Streifen hat sich mit der Zeit durch Sandflug zu einem hohen Wall ausgebildet, während die Wanderdüne an seiner Seite sich zu einer breiten Auskehlung vertieft hat.

Nachdem so das Dorf Narmeln gesichert war, wurden die Befestigungsarbeiten im Westen bei Kahlberg aufgenommen und mit der herrschenden Windrichtung nach Osten fortgesetzt. Im Jahre 1844 wurde die Verbindung mit den alten Befestigungsarbeiten bei Narmeln erreicht (s. Abb. 210). Hierbei blieben die höchsten Kuppen längere Zeit ungedeckt, um ihnen Zeit zum Abplatten zu lassen.

Während Krause auf den Wanderdünen und der inneren Vordüne das Sandgras pflanzen liess, benutzte er für die Bildung der äusseren Vordüne nur Sandgrassaat. Aeussere Vordüne nannte er die Vordüne längs des Strandes. So wurde bei Narmeln von 1834 bis 1837 eine 15 Ruten breite Sandgrassaat im Zuge der äusseren Vordüne hergestellt. Die Saat ging aber nur spärlich auf; es bildeten sich nur einzelne hohe Hügel, deren Verbindung in späteren Jahren durch Sandgraspflanzung geschehen musste.

Wie jetzt Dorf Narmeln aussieht, zeigt Abb. 211, eine Aufnahme des Verfassers vom Naitoberge aus. Die später angelegten Kiefernpflanzungen sind bereits stattliche Bäume geworden. Sie bedecken den Berg y, welcher seinen Fuss bis an das Haffufer vorgeschoben hat. Vor ihnen ist im Vordergrunde am Fuss der alten Poststrasse von Kahlberg ein neues Grundstück entstanden. Das Haffufer ist gedeckt durch Rohrhorste. Die alte Ortschaft lugt hinter dem Ausläufer des Berges y hervor. Der östliche Teil, derjenige, welcher hinter dem Berge x liegt, ist nicht sichtbar; wohl aber ist in der Ferne die ostpreussische Wanderdüne zu erkennen, welche sich als ein Haken weit in das Haff vorschiebt, und deren Lageplan im II. Abschn., Abb. 104, S. 168 mitgeteilt worden war.

§ 16.

Krauses Holzkultur. Die Aufforstung konnte nur langsam den Sandgrasarbeiten folgen. Als wichtigsten Baum sah Krause die gemeine Kiefer Pinus silvestris an, deren Kultur er sowohl durch Saat wie durch Pflanzung betrieb. Besonders die Zapfensaat wurde in der ersten Zeit fleissig auf den schon durch Sandgras befestigten Wanderdünen ausgeführt. Krause hielt diese Saat für zuverlässiger als diejenige mit ausgeklengtem reinen Samen, „weil durch den Zapfen dem Boden

eine Decke und dem Samenkorn Schutz gegen Wind und Sonnenbrand gegeben wird" (Krause S. 148).

In späteren Jahren bildete Krause ein besonderes Verfahren aus: er wandte Vollsaat mit ausgeklengtem Samen nur in den tief liegenden feuchten Flächen an, und versetzte die hier gewonnenen Pflänzchen als Ballenpflanzen auf die hohen Dünen. Neben der gemeinen Kiefer wurden Birken und Ellern im Gemisch gesäet. Auf diese drei Baumarten beschränkte Krause seine Holzkultur, im Gegensatz zu Sören Biörn, welcher Versuche mit mancherlei Hölzern angestellt hatte. Die Saat wurde durch Strauchdecken geschützt.

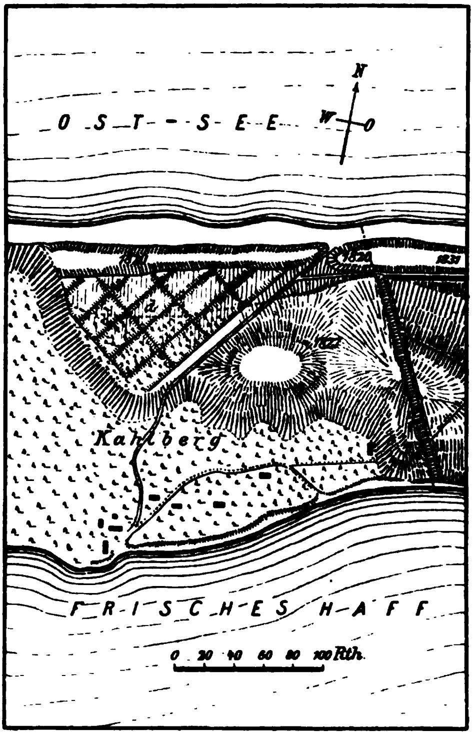


Abb. 212. Aufforstung einer Düne mittels Kiefernbesteck und Deckreisig ohne vorangegangene Sandgrasfestlegung durch Krause im Jahre 1823.

Das Versetzen der jungen Kiefern als Ballenpflanzen geschah im dritten Jahre. Die Pflanzen wurden mittels des Hohlkeilspatens und dem Abstecher entnommen und gewöhnlich zu Dreien auf ein Tragebrett niedergelegt. Je zwei Tragebretter wurden dann durch einen Mann mit Hilfe einer Schultertrage auf die Dünen befördert. Hier wurden mit einem gewöhnlichen Spaten Löcher in Entfernungen von 3 bis 4 Fuss gestochen und in dieselben die Pflänzlinge unter Benutzung der mitgebrachten Hohlkeilspaten eingestellt. Trat nach dieser Arbeit nicht sofort Regen ein, so mussten die jungen Pflanzen begosssen werden; und dieses Begiessen war nach 6 bis 8 Tagen einmal zu wiederholen.

Diese Holzkultur hat gute Erfolge gehabt; sie war aber umständlich und kostspielig. Die Beförderung der Pflanzen durch die Menschen auf die Dünen, die geringen Leistungen hierbei, die Ver-

wendung zahlreicher Hohlkeilspaten, die Notwendigkeit des Begiessens und der Wasserbeförderung, Alles erschwerte und verteuerte die Kultur. Aus diesem Grunde hat Krause neben der Ballenpflanzung die Zapfenvollsaat doch überall da angewandt, wo er auf ihr Gelingen hoffen durfte, nämlich in den tieferen geschützteren Lagen der Dünen.

Die Ellern und Birken wurden gewonnen, indem ihr Same der Kiefernsaat beigemischt wurde. Sie blieben entweder auf den Saatplätzen zurück oder wurden von dort mit Zuhilfenahme eines Hohlkeilspatens verpflanzt.

Biörns Vorschrift, nur da Kiefern zu pflanzen, wo der Boden vorher durch Sandgras befestigt worden war, wurde in den ersten Jahren sehr streng beachtet. Aber schon im Jahre 1823 machte Krause bei Kahlberg den Versuch, Kiefern zu erziehen ohne vorauf gegangene Deckung durch Sandgras. Dieser Versuch ist als Vorläufer des später angewandten und jetzt giltigen Kulturverfahrens (s. § 22) sehr interessant. Abb. 212, welche der Tab. III des Werkes von Krause entnommen ist, zeigt bei d die Versuchsstelle. Krause liess hier hinter der Vordüne Sturmzäune aus geflochtenem Kiefernreisig in rechtwinklig sich schneidenden Linien anlegen, zwischen ihnen den Samen der gemeinen Kiefer aussäen und zur Festlegung des Sandes die Fläche mit Kiefernstrauch eindecken. Der Versuch hatte zwar Erfolg; doch wurde dieser Erfolg von Krause nicht weiter ausgenutzt. Er zog später die Ballenpflanzung mit dem Keilspaten vor.

E. Der Dünenbau in Pommern, Mecklenburg und an der Nordsee.

§ 17.

Der Dünenbau an der pommerschen Küste. Nach den Erfolgen des Sören Biörn wurde auch an den übrigen preussischen Küsten die Befestigung der Dünen unternommen. Im Jahre 1816 wurden zuerst regelmässig fortlaufende Staatsgelder hierfür bewilligt. Dieselben waren allerdings sehr gering. Als aber im Jahre 1826 ein besonderer Dünenbeamter für Pommern zur Anstellung kam, wurden die Arbeiten planmässig betrieben und nahmen einen guten Fortgang. Es war der Dünenplanteur Schrödter, welcher seinen Sitz in Kamin erhielt und dem später der Titel „Plantageninspektor" verliehen wurde.

Das von Schrödter ausgeübte Verfahren entsprach genau demjenigen von Sören Biörn und Krause. Sein Verdienst liegt weniger

in der Erfindung neuer Dünenbefestigungsweisen, als vielmehr in der grossen Unermüdlichkeit und Geschicklichkeit, mit welcher er die Arbeiten leitete und die Dünenbefestigungen immer weiter ausdehnte.

Seine Thätigkeit bezog sich anfänglich nur auf die Dünen der Inseln Usedom und Wollin. Er dehnte sie jedoch später auf alle Dünen des Regierungsbezirks Stettin aus.

§ 18.

Die Kultur der Dünen in Mecklenburg. Bei Warnemünde war die Dünenkultur schon im 18. Jahrhundert begonnen worden. Die Nähe des Ortes und des Hafens, die Belästigungen durch den Sandflug sowie die Gefahr der Versandung von Gärten und Aeckern zwangen hierzu. Die Kultur wurde durch den Umstand gefördert, dass gelehrte Männer der benachbarten Universität Rostock und besonders Mitglieder der dort bestehenden naturforschenden Gesellschaft sich der Sache mit Eifer annahmen.

Der Professor Karsten in Rostock und der Herzogliche Cammerpächter Berckholtz zu Konow liessen zuerst auf der Höhe der Sandschollen parallele Flechtzäune errichten, um den Sand festzuhalten. Die Zäune mussten mit der Zeit erhöht und einander genähert werden. An den geschützten Stellen wurden demnächst Versuche mit der Erzielung von Küchengewächsen, namentlich Kartoffeln gemacht, nachdem der Dünensand mit Lehm und Kompost oder Abraum aus den Gräben vermischt worden war.

Der Magister Ad. Christ. Siemssen veranlasste später 1803 das Pflanzen von Seedorn (von ihm Sanddorn genannt) längs der äussersten Zaunreihe an der Seeseite und ausserdem die Befestigung des Sandes durch das Säen von vier verschiedenen Sandgrasarten. Er nannte dieselben: Sand-Rietgras oder Schkuhr, Quecken-Weizen (Triticum junceum), Sand-Rohr und Sandhaargras. Das Sandrohr war nach seiner Behauptung schon im Anfange des 17. Jahrhundert von den Holländern unter dem Namen Helm zu Wasser- und Dünenbauten verwendet worden. Auch die guten Erfolge, welche Röehl mit dieser Pflanze auf Seeland erzielt hatte, waren ihm wohl bekannt. Auf die so befestigten Flächen sollte nach Siemssens weiterer Vorschrift Moder, Lehm, Jauche und Seetang aufgebracht und Küchengewächse, Kohlarten und Kartoffeln gebaut werden. Von dieser Kultur versprach er sich bessere Erfolge als von einer Aufforstung.

Im Gegensatz zu Siemssen vertrat Professor Karsten in den späteren Jahren um 1820 die Ansicht, dass eine Aufforstung der Dünen zweckmässig und nötig sei. Er empfahl deren Ausführung allerdings erst, nachdem die Dünen durch einen 2 bis 4 Zoll hohen Auf-

trag von Lehm, Mergel oder guter Erde und eine Rapssaat, welche grün untergepflügt werden sollte, vorbereitet worden waren. Auch hielt er es für zweckmässig, mit der Aussaat der gemeinen Kiefer eine Saat von Buchweizen und Klee zu verbinden, damit die aufgehenden jungen Kiefernpflanzen Schutz vor Sonne und Wind fänden.

Dank dem Zusammenwirken dieser Männer sind die mecklenburgischen Dünen derartig festgelegt worden, dass gegenwärtig die Seeufer bei Warnemünde Gärten und parkähnliche Anlagen zeigen.

§ 19.

Der Dünenbau auf den Nordseeinseln. Auf den nord- und ostfriesischen Inseln war das Sandgras schon im 18. Jahrhundert bekannt. Es war von Holland, vielleicht auch noch von Jütland eingeführt worden und wurde Dünenhalm oder Helm genannt. Leider wurde es von den Bewohnern als Einnahmequelle behandelt, gemäht und als Futter oder Streu benutzt. Die Anwendung des Helms in nutzbringender Weise zu einer erfolgreichen Dünenbefestigung ist erst sehr spät eingetreten.

Als die ostfriesischen Inseln noch unter dänischer Herrschaft standen, hatte sich der dänische Düneninspektor Decker vergebens bemüht, die Westseite der Insel Sylt zu halten. Seegang, Sturmfluten und heftige Winde vernichteten stets seine Arbeiten Er erklärte schliesslich, dass das Pflanzen des Helms an der Westseite nicht ausführbar sei, dass man sich damit begnügen müsse, die Ostseite der Düne zu bepflanzen und dafür zu sorgen, dass die ganze Dünenkette gleichmässig nach Osten vorschreite. Decker kannte die damals an den preussischen Küsten schon ausgeführten künstlichen Vordünen nicht, er versuchte vielmehr, die Seeseite nur durch starke Zäunungen zu schützen.

Die Deckersche Lehre, ein gleichmässiges Vorschreiten der Dünenkette nach Osten zu befördern, wurde von den Bauern auf der Insel Sylt in einer höchst bedenklichen Weise verstanden und zur Ausführung gebracht. Nach einer im Dezember 1862 stattgehabten Sturmflut, welche bedeutende Verheerungen an der Westseite angerichtet hatte, wussten die Westerhagener Bauern nichts Besseres zu thun, als 500 Fuss d. i. 157 m hinter den Dünen im Binnenlande parallel mit der Dünenkette 2,2 m hohe Wälle aufzuwerfen, die sie mit Dünenhelm bepflanzten. Vor und hinter den Wällen wurden Gräben gezogen, welche die Erde zu den Wällen lieferten. Die Absicht war, dem Sande einen Aufenthaltsort zu geben und hinter der alten Dünenreihe eine neue zu gewinnen. Um dies noch zu fördern, machte man in den alten Dünen tiefe Einschnitte von oben hinab,

Windtrichter, die sich bei jedem starken Sturm erweiterten, und aus denen der Sand landeinwärts gejagt werden sollte. Graf Adalbert Baudissin, dem wir diese Angaben entnehmen*), fügt hinzu: „Der Bauernvogt Boysen, der die Dünenkultur in Westerland leitete, klagte mir, dass die ausgeworfenen Gräben so wenig als die Wälle nicht den geringsten Sand aufgenommen hätten, und als ich die Sache selbst untersuchte, fand ich fast nirgends ein Spur von Flugsand angehäuft; die Felder hinter und vor den Wällen waren um so reichlicher überschüttet."

Nach Uebernahme der Verwaltung durch Preussen empfahl Graf Baudissin, sachkundige Dünenaufseher und Dünenarbeiter aus den Ostseegebieten kommen zu lassen. Diesem Vorschlage wurde 1867 Folge gegeben. Auf Sylt und Amrum wurden nunmehr die vorhandenen Strandschluchten durch Zäunungen geschlossen, die Ansandungen mit Dünenhelm befestigt und ausserdem durch Anlegen von Buschzäunen der Versuch gemacht, eine Vordüne zu gewinnen.

Im Jahre 1869 wurde der Düneninspektor Hübbe mit dem Wohnsitz in Keitum auf Sylt mit der Führung der Arbeiten betraut. Er ist noch jetzt im Amt. Unter seiner Leitung wurden zunächst die noch vorhandenen Schluchten geschlossen und die Wanderdünen befestigt, sodann die Vordünen angelegt. Die ersten Unternehmungen scheiterten, weil dem Strande eine zu geringe Breite belassen worden war. Erst als der Strand eine grössere Breite erhielt, die Vordünen in dem abbrüchigen seeseitigen Hang der Dünen selbst angelegt wurden, hatten sie Bestand.

Die neuen Vordünen wurden fleissig unterhalten und eine sachgemässe schematische Statistik über ihren Zustand und die ausgeführten Arbeiten eingerichtet (vergl. V. Abschn. § 33). Die Wanderdünen wurden durch Sandgras festgelegt, den Sandgräsern folgten Kräuter und andere Gewächse, so dass gegenwärtig auf den nordfriesischen Inseln Wanderdünen nicht vorhanden sind. Nur in der Erzielung von Baumanlagen sind wegen des rauhen Klimas geringe Erfolge zu verzeichnen.

Auf den ostfriesischen Inseln war in gleicher Weise gearbeitet worden. Hier war die Leitung der Dünenarbeiten den zuständigen Wasserbaubeamten sowohl in hannöverscher als in preussischer Zeit übertragen. Die Erfolge waren die gleichen wie auf den nordfriesischen Inseln: Die Vordünen sind gegenwärtig regelrecht angelegt, Schluchten und Einrisse sind nicht vorhanden, alle Binnendünen sind durch Sandgras und Kräuter befestigt. Der Baumwuchs hat sich auf diesen

*) Graf Baudissin, Bericht über die Dünen der Insel Sylt, 1865, S. 13.

Inseln aber noch viel spärlicher entwickelt als auf den nordfriesischen Inseln.

Bei beiden Inselgruppen hatte sich aber mit der Zeit herausgestellt, dass es unmöglich ist, die Küste durch den Dünenbau allein gegen den starken Abbruch der Nordsee zu schützen. Die Gewalt der Wellen und der Strömungen ist zu gross. Man war deshalb gezwungen, den Strand durch künstliche Werke zu befestigen und damit die Dünen zu sichern. Dies geschah zuerst 1861 auf der Insel Norderney. Auf den nordfriesischen Inseln wurden derartige Befestigungen zuerst 1871 auf Sylt ausgeführt. Jetzt sind fast alle Inseln durch Strandwerke geschützt. Ausführliches hierüber folgt im VII. Abschnitt.

F. Der neuere Dünenbau in Ostpreussen.

§ 20.

Die Anfänge des Dünenbaues auf der kurischen Nehrung. Im Anfange des neunzehnten Jahrhunderts wurde die Befestigung der Dünen auf der kurischen Nehrung aus vier Gründen erforderlich: zum Schutz der Ortschaften vor Uebersandungen, zum Schutz der Nehrung gegen Durchbrüche der See, zum Schutz des Memeler Hafens gegen Versandung und endlich zum Schutz der Poststrasse von Königsberg nach Memel, welche sich damals über die Nehrung zog.

Zur Beurteilung der erforderlichen Arbeiten wurde im Jahre 1802 ein Gutachten des Oberplantagen-Inspektors Sören Biörn eingezogen. Auf Grund desselben wurde zwar 1803 mit den Arbeiten begonnen; allein der darauf folgende unglückliche Krieg unterbrach dieselben, so dass sie 1811 von neuem aufgenommen werden mussten. Man glaubte, die Kultur dadurch am besten zu fördern, dass man in diesem Jahre den Sohn des Sören Biörn zur Leitung der Arbeiten berief und ihn 1814 zum Plantageninspektor für Ostpreussen ernannte.*) Der junge Biörn erwies sich leider als so unzuverlässig, dass man genötigt war, ihm die Arbeiten zu entziehen und ihn 1829 zu pensionieren. Sein Nachfolger wurde der Plantageninspektor Senftleben, welcher die Arbeiten bis zu seinem Tode 1864 leitete.

Senftleben hat nach den Erfahrungen und Vorschriften von Sören Biörn, Krause und Hagen gearbeitet. Die Befestigungsarbeiten wurden am südlichen Ende der Nehrung bei Cranz begonnen und bis Sarkau fortgesetzt. Die auf diesem Wege vorhandene schmale Stelle

*) Nach den Akten der Regierung in Königsberg.



Abb. 213. Rossitten auf der kurischen Nehrung. (Aufnahme des Verf. 1898.)

der Nehrung war hierdurch gegen Durchbrüche der See gesichert. Sodann wurden bei Rossitten, Nidden, Schwarzort und denjenigen Ortschaften, welche der Verschüttung durch die Wanderdünen ausgesetzt waren, die gefährlichsten Teile dieser Dünen durch Sandgras und zum Teil durch Kiefern-Ballenpflanzen festgelegt. Endlich wurde bei Süderspitze gegenüber Memel für die Befestigung der Dünen zum Schutz des Memeler Hafens vor Versandungen und zur Sicherung der Nehrung gegen Durchbrüche gesorgt.

Neben dieser Thätigkeit des Staates ist auch die Thätigkeit eines Privatmannes zu erwähnen, welcher zwar in sehr bescheidener, aber immerhin erfolgreicher Weise zur Befestigung der Dünen auf der kurischen Nehrung beigetragen hat. Es ist der Posthalter George David Kuwert in Nidden, welcher im Jahre 1828 bei Aufhebung und Verlegung der Poststrasse nach dem Festlande verzog, bis zu diesem Jahre aber die ihm gehörigen Sandflächen fleissig und erfolgreich durch Baumwuchs festlegte. Nach Jachmann*) hat Kuwert hauptsächlich eine Fläche zwischen der späteren Vordüne und der Wanderdüne in der Absicht kultiviert, sie als Posthalterei sich zu sichern, wenn Nidden völlig vom Sande verschüttet werden würde. Es wurden Weiden, Pyramidenpappeln, Kiefern und Birken gesäet und zum Teil gepflanzt. Zur Kultur wurde Pferdedung benutzt, der auf der grossen Posthalterei reichlich zur Verfügung stand. Die Kiefern und besonders die Birken sind gut entwickelt und stehen noch heut.

Der Thätigkeit des Kuwert wurde ein bescheidenes Denkmal gesetzt: Auf einem kleinen Kirchhof in dem Walde, welchen Kuwert pflanzte, liegt sein Vater, der „weiland Posthalter Gottlieb D. Kuwert“ begraben. Ein schönes gusseisernes Denkmal bezeichnet dessen Ruhestätte. Die Rückseite erzählt von der Thätigkeit des Sohnes:

„Cujus filius
George David Kuwert
primus incepit Niddensem tristem solitudinem
his silvae arboribus arbustare.“

§ 21.

Der Dünenbezirk Rossitten. Zum Nachfolger Senftlebens wurde der frühere Förster Epha berufen. Derselbe wurde 1864 als Dünen-Plantagen-Inspektor in Cranz angestellt und 1876 nach Rossitten versetzt. Abb. 213 zeigt die Lage von Rossitten am Haffstrande und Abb. 214 das Dienstgebäude des Düneninspektors daselbst. Die Aufnahme von Abb. 213 ist von der Haffleuchte aus geschehen (vgl. den

*) S. Passarge: Aus Baltischen Landen. S. 274.

Lageplan, Abb. 101, S. 163). Rechts im Vordergrunde befinden sich die Weiden und Rohrhorste, welche das Haffufer schützen, dahinter ist der Landungssteg sichtbar und das Westufer der Rossittener Bucht mit dem als Sandgrasgarten (s. V. Abschn., § 32) angelegtem Walgumberg. Zwischen diesem und dem anschliessenden schwarzen Berg erscheint die bewachsene Palwe. Auf beiden Abbildungen sind die leichten zweiräderigen Wagen zu erkennen, welche von den Dünen-

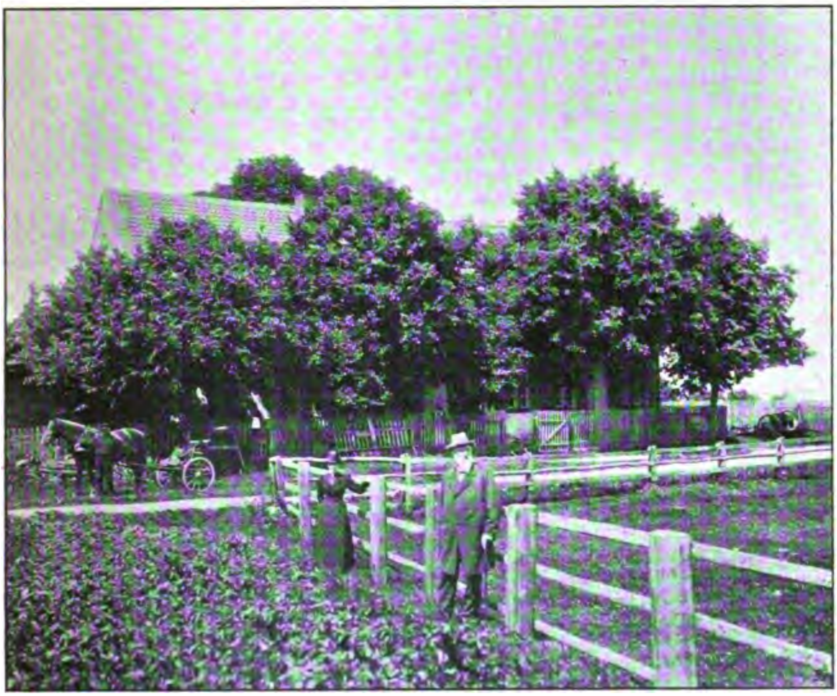


Abb. 214. Düneninspektions-Gebäude in Rossitten. Düneninspektor Epha.

beamten auf ihren Dienstreisen benutzt werden, und die mit ihren 12 bis 15 cm breiten Radfelgen leicht über dem lockeren Dünensand hinwegrollen.

Die Thätigkeit Ephas richtete sich zunächst auf die Ausbildung der Vordünen und demnächst auf die Kultur der Wanderdünen. Hierbei kam das von Krause angegebene Verfahren zur Anwendung. Die Wanderdünen wurden zuerst durch Sandgras fest gelegt und demnächst durch Kiefern-Ballenpflanzung aufgeforstet. In den tiefen Teilen wurden Ellern, Birken und Kiefern gesäet.

Die Kiefern-Ballenpflanzung setzte aber der Kultur grosse Schwierigkeiten entgegen. Der in der feuchten Palwe gezogene Ballen hatte nur sandige Bestandteile und war daher, auf die Wanderdüne gebracht, ebenso arm an Nahrung wie der den Ballen umgebende Dünensand. Dazu kam die Schwierigkeit, die nötigen Ballenpflanzen zu erzielen, die Unmöglichkeit, den fast nur aus Sand bestehenden Ballen unbeschädigt bis an die Pflanzstelle zu bringen und die Kostspieligkeit der Beförderung auf grosse Entfernungen sowie die Notwendigkeit, die Ballenpflanzen bei dürrem Wetter zu begiessen.

Dies veranlasste den Oberforstmeister Müller in Königsberg, die Pflanzung von zweijährigen Kiefern mit entblösster Wurzel anzuregen. Die ersten Versuche scheiterten an der Trockenheit des Dünensandes. Da versuchte Müller 1873 auf Dünen bei Schwarzort, welche nach Krauses Verfahren vorher durch Sandgras festgelegt worden waren, die Kiefern mit entblösster Wurzel unter Anwendung von Dungerde zu pflanzen. Es wurde eine Mischung von Moor und Lehm spatenweise in den Sand gebracht, mit diesem vermischt und fest getreten. In den so gewonnenen Pflanzplatz wurden im folgenden Frühjahr 6 bis 8 Pflänzchen in zwei Reihen nebeneinander gesetzt. Der Versuch gelang. Es wurde dreierlei erreicht: Erstens konnten die Pflanzen in vorschriftsmässiger Tiefe eingesezt werden, ohne Besorgnis, dass die Wurzelknoten durch den Wind wie früher bloss gelegt werden würden; zweitens verminderte sich die Verdunstung und damit die Austrocknung des Bodens; drittens erhielten die jungen Pflanzen in den ersten Jahren reichliche Nährstoffe.*)

Zu den Pflänzlingen wurde teils wie bisher die gemeine Kiefer (Pinus silvestris) teils die Krüppel- oder Bergkiefer (Pinus montana) als neue Pflanze verwendet. Zu dieser Einführung war Müller durch die guten Erfahrungen veranlasst worden, welche man mit der Bergkiefer auf den Dünen der Inseln Fünen und Seeland gemacht hatte, woselbst sie sich als widerstandsfähiger gegen Sandtreiben und Seestürme erwiesen hatte als die gemeine Kiefer.**)

Im Jahre 1874 wurden ähnliche Versuche auch auf den Dünen von Süderspitze angestellt, und demnächst im folgenden Jahre die Befestigung des Urbo-Kalns bei Nidden, auf welchem im Jahre 1874 ein Leuchtturm errichtet worden war, nach demselben Verfahren begonnen.

---

*) S. Vortrag Müllers in der fünften Versammlung des Preussischen Forstvereins. 1876. S. LVIII.

**) Vgl. Forstdirektor Burckhardt über die Bergkiefer in der Zeitschrift „Aus dem Walde", Heft X, S. 22 und Mitteilungen Müllers in der zehnten Versammlung des Preussischen Forstvereins zu Memel. 1881. S. 17 und 120.



Abb. 215. Die Bruchberge bei Rossitten im Jahre 1899. (Aufnahme des Verf.)

§ 22.

Die Bruchberge bei Rossitten. Trotz dieser guten Erfolge wagte Müller im Jahre 1876 noch nicht, die Ballenpflanzung ganz zu verwerfen. In den Mitteilungen des Preussischen Forstvereins von 1876 hält er die Ballenpflanzung „an den exponierten Köpfen, auf welchen ganz junge Pflanzen ganz und gar nicht vorwärts kommen, für erforderlich". Erst als im darauf folgenden Jahre 1877 die Deckung der Bruchberge bei Rossitten, welche als Wanderdünen den Ort zu überschütten drohten, begonnen wurde, befreite er sich mit Hilfe der thatkräftigen Unterstützung des Düneninspektors Epha gänzlich von der Ballenpflanzung und schützte die jungen Pflänzchen gegen das Sandtreiben durch Anwendung der seit langer Zeit bekannten Strauchzäune und Reisigdeckungen. (Vgl. V. Abschn., §§ 5 und 8.) Die Strauchzäune wurden in rechtwinklig sich schneidenden Reihen angelegt, die Felder mit Kiefernstrauch gedeckt, also dasselbe Verfahren angewandt, welches Krause im Jahre 1823, d. i. 54 Jahre früher schon bei Kahlberg in einem gelungenen Versuch ausgeführt hatte. (Vgl. § 16 und Abb. 212 S. 303.) Der Unterschied, die Verbesserung gegen das Krausesche Verfahren bestand darin, dass Bergkiefern in Dungplätzen gesetzt wurden, während Krause damals noch die gemeine Kiefer säen liess.

Die Befestigung der Bruchberge ging bei spärlichen Mitteln nur langsam vor sich. Sie wurde erst 1882 vollendet. Den Zustand von 1899 zeigt Abb. 215. Der Hang ist nach der Haffseite gerichtet. Der Bergkiefernbestand ist 17 Jahre alt. Er hat noch nicht die halbe Höhe eines Mannes erreicht, deckt aber den Boden trotz einiger Lücken dicht genug Spuren des alten Bestecks und der alten Deckung sind noch vorhanden. Am Fusse des Berges liegt die Ebene von Rossitten mit ihren Teichen und Grasflächen, weit im Hintergrunde der Ort selbst, erkennbar an den italienischen Pappeln.

§ 23.

Die Festlegung der Wanderdünen bei Pillkoppen. Das Verfahren, welches auf den Bruchbergen zuerst zur Anwendung kam, ist massgebend geworden für alle späteren Befestigungen von Wanderdünen auf der kurischen Nehrung. Das nächste Unternehmen war die Befestigung der Wanderdünen bei Pillkoppen, welche den Ort zu versanden drohten.

Die Befestigung geschah durch Epha von 1889 bis 1892. Abb. 216 giebt den Lageplan des Ortes und der befestigten Düne, Abb. 217 zeigt

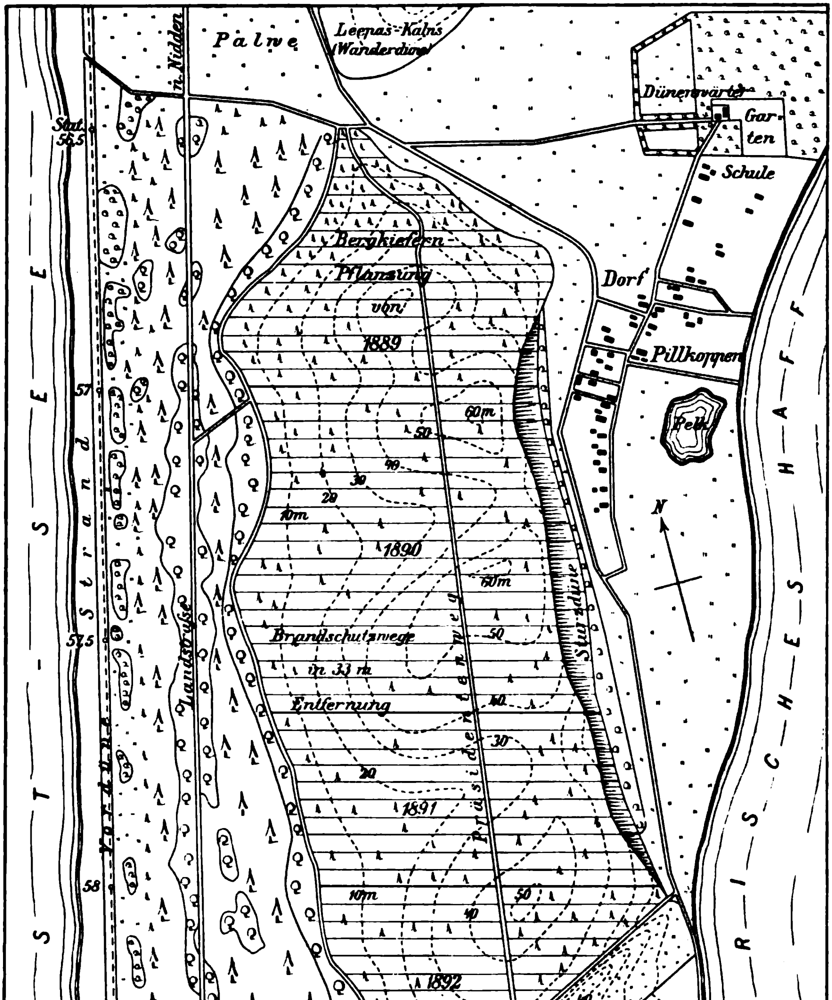


Abb. 216. Festlegung der Wanderdünen bei Pillkoppen.

den Zustand derselben im Jahre 1899, von der Haffseite in der Nähe des Pelkes aus gesehen.*)

Es wurde hier planmässig das ganze Gebiet mit Zäunen aus Kiefernreisig, dem die feinen dünnen Teile genommen worden waren, in Quadraten von 3 m Länge überzogen und besteckt. Innerhalb der Quadrate wurden Pflanzplätze aus Lehm in 1 m Entfernung hergestellt und der Lehm mit dem Sande gemischt. Demnächst wurden je vier Bergkiefern in jeden Pflanzplatz gesetzt und darauf der Sand in den Feldern mit dem früher gewonnenen kleinen Reisig überdeckt. Hierdurch wurden die jungen Pflanzen vor Sandflug geschützt. Jede elfte Reihe wurde zur Begegnung der Feuersgefahr nicht bepflanzt, auch nicht mit Längsreihen durchzogen, sondern nur mit feinem Kiefernreisig eingedeckt. Die steilen Abhänge der ehemaligen Sturzdüne wurden durch kreuzweises Bestecken in diagonaler Richtung ausgefüllt.

Eine besondere Schwierigkeit lag darin, die festgelegte Fläche gegen Versandungen von den benachbarten Wanderdünen her zu sichern. An der Nordseite war nichts zu befürchten; denn hier trennte eine tiefe Einsattelung die kultivierte Fläche von den Abhängen des Leepas-Kalns (vergl. II. Abschn. § 8). Aber an der Südseite war ein Schutz geboten. Es geschah dies durch einen 120 m breiten Streifen aus Sandgras, welcher in der Richtung des herrschenden Windes angelegt wurde, und imstande war, alle bei südlichen Winden von der Wanderdüne kommenden Sandmengen aufzunehmen. So wurde die Kultur selbst vor Versandungen geschützt; sie hat sich bisher ausgezeichnet entwickelt.

In gleicher Weise wie bei Pillkoppen ist im Jahre 1898 die Befestigung der Wanderdüne, welche das Dorf Preil nördlich von Nidden auf der kurischen Nehrung zu überschütten drohte, begonnen worden. Diese Arbeit wird noch gegenwärtig fortgeführt.

Die Kosten dieser neuen Befestigungsart sind freilich sehr hoch. Sie haben bei Pillkoppen 1620 M. für das Hektar betragen, bei Preil sind sie etwas geringer. Auf die einzelnen Bauausführungen verteilten sie sich folgendermassen: 890 M. auf das Hektar für Besteck und Eindeckung, 520 M. für Düngung und Pflanzung und 210 M. für Nebenkosten, wie Schutzstreifen, Landungssteg, Baracken, Geräte u. dergl. Die Kosten der früheren Befestigung durch Sandgras mit demnächst folgender Aufforstung würden dagegen, selbst wenn die Düngung der Kiefernpflanzen in Rechnung gezogen wird, nur 200 + 520 = 720 M. für das Hektar betragen haben.

*) Pelk, ein littauisches Wort, bedeutet Torfbruch oder Bruchteich.



Abb. 217. Pillkoppen und die befestigte Wanderdüne im Jahre 1899. (Aufnahme des Verf.)

Dennoch aber bezeichnet das neue Verfahren einen ganz hervorragenden Fortschritt in der Dünenkultur. Denn die Kultur mit Sandgras ist nicht überall anwendbar. Sie ist abhängig von der Menge des Sandgrases, welches zur Verfügung steht, und diese ist beschränkt. Es würden daher, wäre man auf das alte Verfahren angewiesen, die Befestigungsarbeiten der Dünen alljährlich nur sehr langsam fortschreiten können. Bei der Festlegung des Sandes durch Kiefernreisig dagegen mittels Besteck und Deckung ist die Fortsetzung der Arbeiten von keinen anderen Umständen abhängig, als allein von den zur Verfügung stehenden Mitteln und der Zahl der Arbeiter. Denn die Beschaffung des Reisigs sowohl wie des Lehms und der Pflanzen macht in grossen Mengen keine Schwierigkeit. Auch ein anderer Vorteil wird noch gewonnen: die jungen Kiefernpflanzen kommen in durchaus insektenfreien Boden und sind darum in den ersten Lebensjahren nicht so gefährdet wie diejenigen jungen Kiefern, welche nach dem früheren Verfahren in die mit Sandgras jahrelang vorher festgelegten Dünen gepflanzt wurden. Die Zäunungen sind allerdings vergänglich, aber sie dauern lange genug, bis die Pflanzen angewachsen sind und dann ihrer nicht mehr bedürfen.

§ 24.

Der Dünenbezirk Süderspitze. Die Erfolge der Befestigungsart an den Bruchbergen bei Rossitten wurden bei den umfangreichen Arbeiten zur Festlegung der Wanderdünen zwischen Süderspitze und Schwarzort benutzt, welche zur Sicherung des Memeler Fahrwassers erforderlich waren. Schon vor 1876 war hier nach dem früher üblichen Verfahren durch Sandgrasdeckung mit Kiefern-Ballenpflanzung an der nördlichsten Spitze der kurischen Nehrung eine völlig gelungene Bewaldung erreicht worden.*) Die Arbeiten waren unter der Oberleitung des Hafenbauinspektors von Memel durch den Dünenbauaufseher Böttcher und seit 1886 durch dessen Nachfolger, den Dünenmeister Schiweck in Süderspitze ausgeführt worden.

Seit dem Jahre 1889 werden für diese Arbeiten jährlich 100000 M. im Staatshaushalt zur Verfügung gestellt, eine Ausgabe, welche 15 Jahre lang fortgesetzt und zur vollkommenen Festlegung der kurischen Nehrung von Memel bis Schwarzort führen wird. Die intensive Thätigkeit, welche Jahr für Jahr hier entwickelt wurde, lehrte im Laufe der Zeit manche Verbesserungen an dem bisher im Rossittener Bezirk auf den Bruchbergen und bei Pillkoppen beobachteten Verfahren:

*) Der Ort an der Nordspitze der kurischen Nehrung führt den Namen „Süderspitze“, weil er an der Südseite des Memeler Fahrwassers nahe der Südermole liegt.



Abb. 218. Kiefernbesteck zur Festlegung der Wanderdünen zwischen Süderspitze und Schwarzort (Aufn. d. Verf. 1898).

1. Das Holzbesteck wurde nicht in 3 m, sondern in 4 m grossem Netzwerk angelegt. Die Erfahrung lehrte, dass diese Entfernung vollkommen genügte zur Verhütung des Sandtreibens. Eine recht erhebliche Ersparnis wurde hierdurch erreicht. Ausserdem wurde das Holz nicht 60 cm, sondern nur 50 cm lang verwendet, ja unter Anwendung eines schrägen Schnittes sogar auf 45 cm Länge gekürzt. (Vergl. V. Abschn. § 6.)

2. Die Weite des Bestecks wurde dem Bedürfnis entsprechend angeordnet. An Stellen, welche starken Winden ausgesetzt waren, wurde das Holz dichter gestellt, an geschützteren Stellen dagegen weiter. An jenen Orten blieb das Verhältnis der Holzstärken zu den Oeffnungen wie bisher 1 : 1, während es hier abnahm bis 1 : 4. (S. Abb. 218 und die Ausführungen im V. Abschn. § 6.) Bei den ausserordentlich grossen Längen, welche die Zäune in ihrer Gesamtheit bilden, wurde durch diesen geringfügigen Umstand eine recht erhebliche Ersparnis erzielt. 120 Raummeter sind für das Besteck eines Hektars vollständig ausreichend (vgl. V. Abschn. § 6.)

3. An Stelle des teueren Kiefernbestecks wurde das an der Binnenseite der Nehrung im kurischen Haff wachsende und wenig verwendbare Rohr benutzt. (S. Abb. 219.) Es wurde im Jahre 1886 zuerst probeweise von Schiweck angewandt. Seine Haltbarkeit erwies sich als hinreichend, es war im Stande, den jungen Pflanzen so lange Schutz gegen die Winde und das Sandtreiben zu bieten, bis sie genügend angewachsen waren, um des Schutzes entbehren zu können. Nach diesem günstigen Ergebnis wurde das Rohr auch zu umfangreichen Bestecken und zwar zuerst 1892 verwendet. Dabei wurden, um das Begehen der Felder zur Herrichtung der Plätze, zum Setzen der Pflanzen und zum Aufbringen des Deckreisigs zu ermöglichen, Oeffnungen von 0,3 m Breite in dem Rohrbesteck belassen, welche im Versatz angeordnet waren. Später, im Jahre 1898, wurde das Rohrbesteck mit gleich gutem Erfolge auch bei den Befestigungen von Preil benutzt.

4. Zur Düngung wurde der aus den Memeler Hafenanlagen gewonnene Baggerboden verwendet. Man gebrauchte die Vorsicht, diesen Boden mindestens einmal wenn möglich aber mehrere Jahre in Haufen durchwintern zu lassen: es konnte dann das zeitraubende Mischen der Dungerde mit dem Sande unterbleiben, es genügte vielmehr das Einschütten des Bodens in vorher gegrabene Löcher und Ueberdecken mit Sand. Der Frost des folgenden Winters traf den Dungboden auf den Dünen in geringer Tiefe und in weiter Zerstreuung. Er vollendete das Mürbewerden desselben, so dass die im darauf folgenden Frühjahr gesetzten Pflanzen gut anwuchsen. Die Pflanzplätze wurden statt durch Stäbchen, welche im Sturm und Schnee häufig abbrachen, nur

durch Lehmballen von doppelter Faustgrösse, die lose auf den Sand gelegt wurden, bezeichnet. Diese Ballen erhielten sich während des Winters trotz Regen und Schnee. Sie wurden zwar zum Teil aufgelöst und in den Boden gewaschen, waren aber im Frühjahr stets leicht erkennbar.



Abb. 219. Setzen des Rohrbestecks auf den Wanderdünen zwischen Süderspitze und Schwarzort (Aufn. d. Verf. 1898).

5. Die Bergkiefer wurde nicht überall verwendet; an den geschützten Stellen und in grösserer Entfernung von der See wurde die gemeine Kiefer gepflanzt. Hierdurch wurde an diesen Stellen ein üppiger Baumwuchs von grösserem Nutzwert und dennoch guter Bodendeckung erzielt.

§ 25.

Die Wanderdünen zwischen Süderspitze und Schwarzort.

Unter Benutzung der vorgeschilderten Einzelheiten hat sich bei

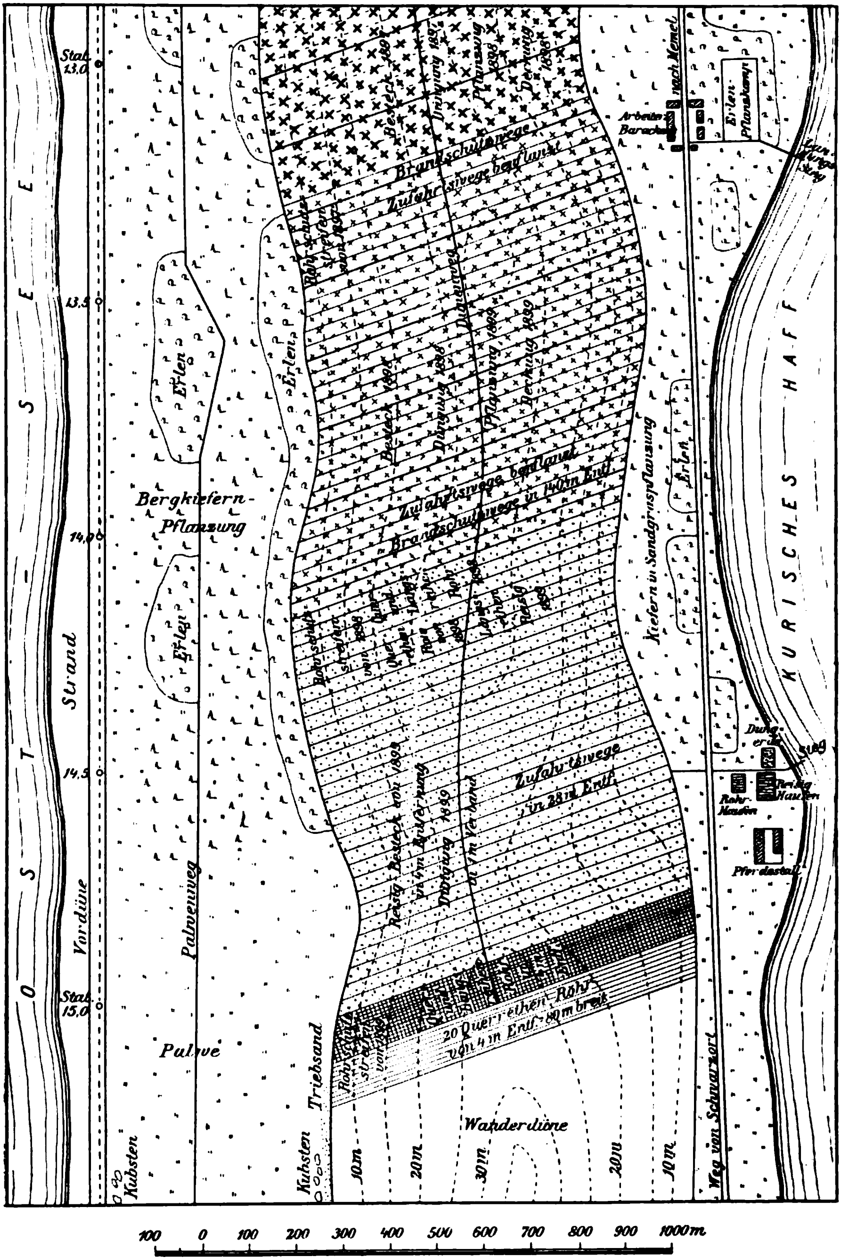


Abb. 220. Festlegung der Wanderdünen zwischen Süderspitze und Schwarzort.

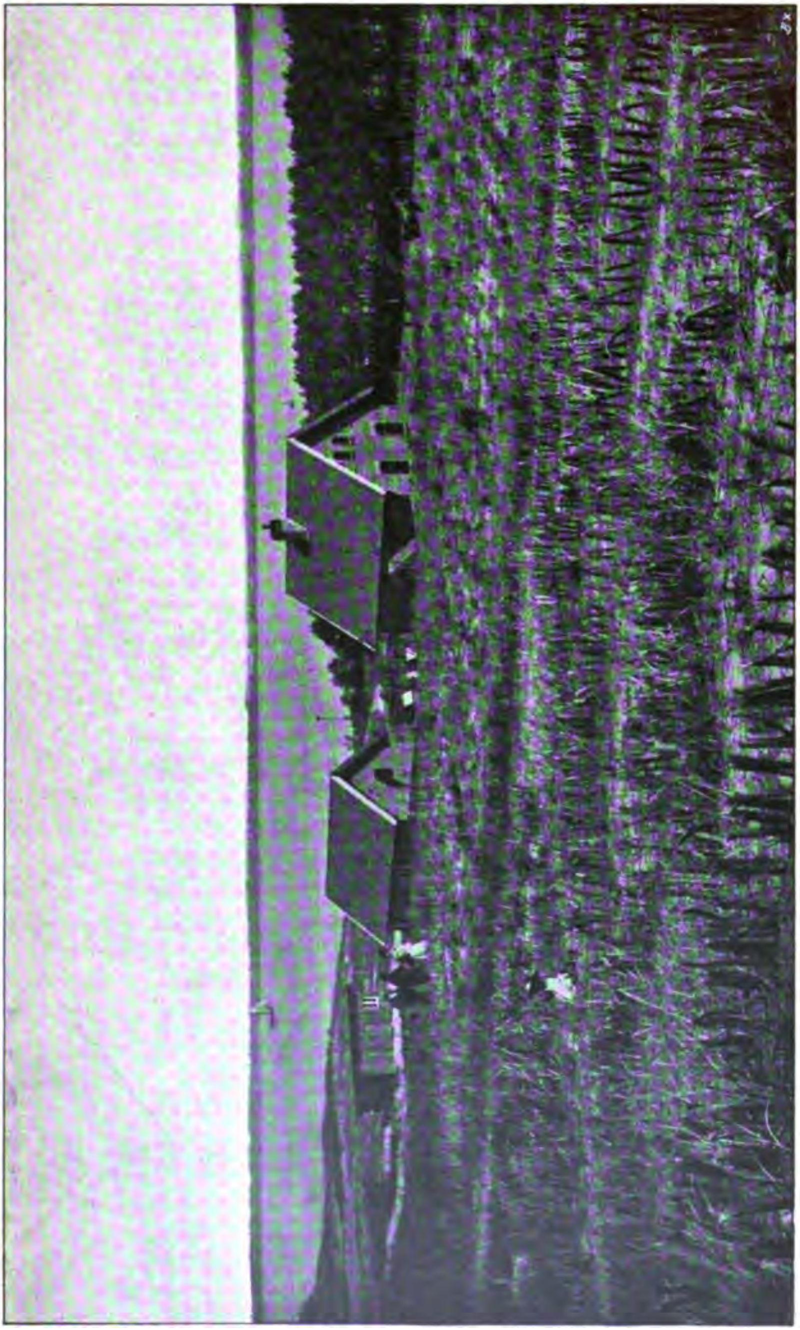


Abb. 221. Dünenaufseherwohnung Erlenhorst auf der kurischen Nehrung. (Aufn. d. Verf. 1898).

Festlegung der Wanderdünen zwischen Süderspitze und Schwarzort ein Dünenbau entwickelt, in welchem planmässig die Arbeiten jedes vorangegangenen Jahres benutzt werden für die Arbeiten des folgenden Jahres. Die grösste Schwierigkeit liegt in der Notwendigkeit, gegen die herrschende Windrichtung Jahr für Jahr mit den Kulturen vorschreiten zu müssen. Abb. 220 erläutert das hierbei benutzte Verfahren. Es werden Jahr um Jahr Schutzstreifen aus Rohr angelegt (vgl. V. Abschn. § 38). Abb. 220 zeigt die Anlage derselben beispielsweise für die Jahre 1897, 98 und 99. Anschliessend an den Schutzstreifen bildet den Hauptteil der Befestigung das Reisigbesteck, dessen Felder noch in demselben Jahre mit Dungplätzen versehen werden. Im nächsten Frühjahr folgte die Pflanzung und das Aufbringen des Deckreisigs. Von den Zufahrtswegen, welche anfänglich in 28 m Entfernung angelegt waren, werden später je vier mit Kiefern unter Spaltdüngung bepflanzt, so dass nur Brandschutzwege in 140 m Entfernung verbleiben.

Die Kosten der Festlegung sind gegenüber den Kosten der Befestigung im Rossittener Bezirk sehr mässig. Es ist dies besonders den im § 24 geschilderten Mitteln zu danken. Nach der Abrechnung der im Jahre 1897/98 ausgeführten Arbeiten betrugen die Kosten für Bestrauchung und Deckung 464 M. auf das Hektar, für Düngung und Pflanzung 160 M. und für Nebenarbeiten an Wegen, Erlen- Rohr- und Weidenpflanzungen 66 M., so dass die Kosten ingesamt nur 690 M. f. d. ha. betragen haben. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Beschaffung der Dungerde durch Verwendung des Baggerbodens aus den Hafenanlagen von Memel besonders wohlfeil war.

Die Dienstwohnung eines Dünenbeamten in dem neu kultivierten Gelände zwischen Süderspitze und Schwarzort zeigt Abb. 221. Sie besteht aus einem Wohngebäude mit Stall, Brunnen und Umfriedigung. Ein Geräteschuppen befindet sich in der Nähe. Das Besteck der neu befestigten Düne ist deutlich erkennbar. In dem niedrigen Gelände am Haff ist eine Erlenpflanzung in üppiger Entwickelung begriffen; sie wird dazu beitragen, die Wohnung vor den Haffwinden zu schützen. Am Horizont zeigt sich das bewaldete Festland des kurischen Haffs.

Abb. 222 zeigt die Wohnung eines Dünenbeamten inmitten einer älteren Kultur auf der frischen Nehrung. Dies Bild lässt erkennen, wie das Wohlbefinden der Beamten und aller Dünenbewohner mit der fortschreitenden Kultur zunimmt.

Die Entwickelung des Dünenbaues durch internationale Verbindungen mag schliesslich an einem Beispiel aus dem Auslande angedeutet werden. Die an der Westküste in Californien vorhandenen Dünen begann man erst im Jahre 1894 zu befestigen. Das hierzu ver-



Abb. 222. Dünenaufseherwohnung Strauchbucht auf der frischen Nehrung (Aufn. d. Verf. 1898).

wendete Sandgras war nach Angabe des Yearbook of the U. St. Department of Agriculture 1898 S. 405 von Australien eingeführt worden. Und Australien selbst hatte nach derselben Quelle das Sandgras von Europa erhalten.

Wir können hinzufügen, dass nach den Akten der Hafenbauinspektion Neufahrwasser der frühere Hafen-Bauinspektor E. Kummer daselbst im Oktober 1888 den Samen verschiedener Sandgrasarten auf besonderes Ersuchen nach Newcastle in Australien gesandt hatte. Es scheint, dass das westpreussische Sandgras die Grundlage zur Dünenkultur in Australien und Californien gegeben hat.

Fünfter Abschnitt.

Festlegung des Dünensandes.

A. Verschiedene Arten der Festlegung.

§ 1.

Mittel zur Festlegung. Der fliegende Dünensand kann mit dauerndem Erfolge nur durch eine Deckung festgelegt werden, welche lebt und durch ihr Leben Bestand hat. Alle mechanischen Befestigungen müssen mit der Zeit verrotten. Aber die Bewegung des Dünensandes verhindert das Aufkommen der Vegetation. Bald wird der Sand ausgeweht, so dass die Wurzeln der Kulturpflanzen bloss liegen, bald wird er so aufgehäuft, dass die Pflanzen ersticken, oder der scharfe Sand peitscht gegen die jungen Triebe und vernichtet sie. Nun sind an der See ruhige, fast windstille Tage ausserordentlich selten. Die Auswehungen des Dünensandes rasten daher fast niemals, und die Vegetation kann nur schwer aufkommen.

Man hat deshalb Vorkehrungen getroffen, um die Bewegungen das Dünensandes während derjenigen Zeit im Zaum zu halten, welche die Kulturpflanzen gebrauchen, um von der Flugsandstelle Besitz zu nehmen. Zu dieser gleichsam vorbereitenden Arbeit werden mechanische Hilfsmittel verwendet. Hiernach ist zu unterscheiden die Festlegung des Dünensandes durch tote Bedeckung und durch lebende Bedeckung. Erstere Art ist aber nur als vorbereitendes Verfahren anzusehen. Sie soll nur als Mittel dienen zur Erreichung der lebenden Decke.

Bei der toten Decke ist zu unterscheiden die stehende Bodenbedeckung von der liegenden. Die stehende Bedeckung wird aus aufrecht gestellten Gegenständen gebildet, welche entweder zerstreut in grösserer oder geringerer Entfernung in den Sand gestellt werden, oder reihenweise derartig, dass gleichsam Wände entstehen. Letztere können so dicht sein, dass der Wind gar nicht oder in sehr beschränktem

Maasse hindurchstreichen kann, oder so locker, dass er bequemen Durchlass findet.

Die dichten Wände hat man Kupierzäune oder Sturmzäune genannt, auch nach der Herstellungsweise Dielenzäune oder Flechtzäune. Die durchlässigen Wände heissen Sandfangzäune oder nur Fangzäune, Strauchzäune oder Besteck, je nach der Höhe der Herstellung und dem Material, aus welchem sie bestehen.

Zur liegenden Bodenbedeckung werden grössere und kleinere Baumzweige benutzt. Die lebende Bodenbedeckung besteht aus Dünengräsern und Kräutern oder aus Holzarten. Erstere kommen in den Vordünen, letztere in den Binnendünen zu Anwendung.

§ 2.

Einfluss der Biegsamkeit und Durchlässigkeit des Hindernisses auf die Sandanhägerung. Im allgemeinen wirkt der Wind ausebnend, sobald er frei auf eine ausgedehnte Fläche trifft. Die hervorragenden Erhöhungen und Kanten greift er an, die Vertiefungen sind vor seiner Einwirkung mehr oder weniger gesichert. So formt er die unebenen Flächen bis zu einem gewissen Grade zu Ebenen um. Wenn aber Gräser, Sträucher, Zäune und andere Körper dem Winde sich entgegenstellen, so lagert sich der vom Winde mitgeführte Sand in ihrer Nähe ab. Auf die Art der Ablagerung übt die Biegsamkeit derartiger Gegenstände und ihre Durchlässigkeit für die Winde den grössten Einfluss aus. Diese beiden Umstände sind daher entscheidend für den Erfolg. „Eine dichte Wand — sagt Hagen III. 2, S. 102 — fängt den Sand unmittelbar vor sich nicht auf, es bildet sich vielmehr eine tiefe Rinne vor ihr aus, weil der Druck der in

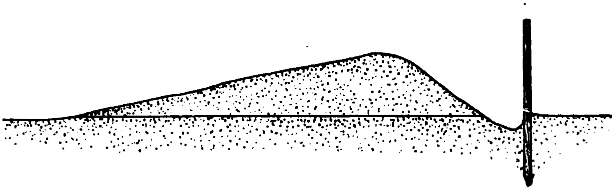


Abb. 223. Sandanhägerung vor einer festen undurchlässigen Wand.

ihrer Bewegung plötzlich gehemmten Luft Seitenströmungen veranlasst, die den Sand forttreiben. Diese Hemmung der Bewegung oder Schwächung des Windes bewirkt freilich in einiger Entfernung davor das Niederfallen des Sandes. Es bildet sich also hier ein Sandrücken, der aber durch eine tiefe Rinne von der Wand geschieden wird. Bei zunehmender Erhöhung des Rückens wächst derselbe oft zu solcher

Höhe an, dass er die Wand vollständig vor dem Winde schützt, und alsdann hört auch die erwähnte Seitenströmung auf, und die ganze Wand wird schliesslich von dem antreibenden Sande verdeckt. Die Erscheinung ist derjenigen ähnlich, die man auch beim Schneetreiben

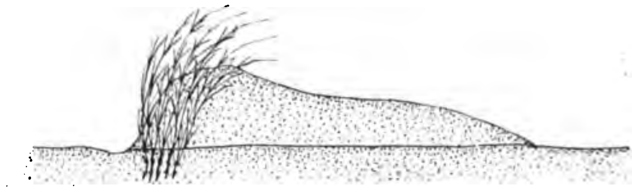


Abb. 224. Sandanhägerung bei einem biegsamen durchlässigen Hindernis.

neben dichten Einfriedigungen zu bemerken pflegt." Abb. 223 zeigt den Querschnitt der Sandanhägerung vor einer festen Wand. Ein auffälliges Beispiel hierfür bietet auch die Verwehung des Gebäudes in Perwelk Abb. 89, S. 149.

Anders wirkt der Wind bei durchlässigen biegsamen Hindernissen, z. B. Grasbüscheln oder Weidensträuchern. Hier erfolgt kein starker Rückprall. Es unterbleibt daher die Anhäufung des Sandes vor dem Büschel. Der Wind fegt von der Seeseite aus um den Büschel herum, untergräbt ihn hier teilweise, verliert aber innerhalb des Büschels bei den zahlreichen Stengeln und Blättern seine Kraft und setzt deshalb den von ihm getragenen Sand teils im Büschel selbst, teils hinter demselben ab. Hier im Windschatten des Büschels

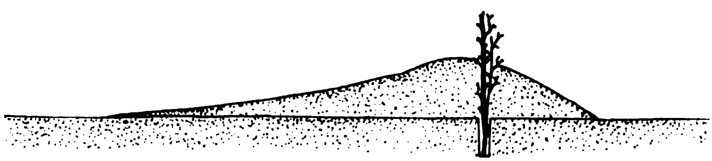


Abb. 225. Sandanhägerung bei einer festen durchlässigen Wand.

bildet sich ein langer sehr schmaler Rücken von feinem Flugsande, welcher sich abflacht und schliesslich in einer Spitze ausläuft (Abb. 224).

Ist die durchlässige Wand nicht biegsam, sondern besteht sie aus festem dichten Geäst, so entsteht die Mittelwirkung zwischen der festen Wand und dem biegsamen Gebüsch. Der Wind wird nicht zurückgeworfen, wie im ersten Fall; es bildet sich daher nicht die tiefe Rinne vor der Wand aus. Andererseits aber setzt das steife Geäst

dem Wind ein stärkeres Hindernis entgegen als im zweiten Fall das biegsame Gras: der Sand legt sich deshalb, wie Abb. 225 zeigt, in der Hauptsache an der Luvseite nieder, nur ein kleiner Teil des Sandes fällt durch die Zwischenräume nach der Leeseite hin ab.

§ 3.

Abgleichung des Geländes. Jede Bodenbedeckung — tot oder lebend — kann nur dann dauernd wirken, wenn die Winde nicht besonders günstige Gelegenheit finden, die Fläche anzugreifen. Es ist daher notwendig, dass dem Aufbringen einer Bodenbedeckung die Abgleichung des Geländes bis zu einem gewissen Grade vorangehe. Hohe Kuppen, vereinzelte Bäume und Gebüsche hindern die Bewegung des Windes. Der Wind wird gepresst, er fährt mit vermehrter Gewalt um die Hindernisse herum und untergräbt sie von allen Seiten.

Stehen zwei derartige Hindernisse nahe bei einander, vereinigen sich die abgelenkten und mit vermehrter Gewalt um die Hindernisse fahrenden Winde, so ist ihr Angriff auf die Vertiefung zwischen den Kuppen ausserordentlich stark. Ist der Sand hier nicht befestigt, so entstehen binnen kürzester Frist tiefe Einrisse in dem Dünensande, welche man je nach ihrer Form Einsattelungen, Windmulden, Windkehlen, Kessellöcher u. s. w. nennt. (Vgl. § 30.)

Es ist daher erforderlich, vor der Befestigung des Dünensandes das Höhengelände bis zu einem gewissen Grade auszuebnen. Dies darf aber nicht durch teuere Grabenarbeit geschehen; vielmehr ist der allzeit verfügbare Wind hierfür dienstbar zu machen. Mit Hilfe des Windes müssen die Erhöhungen beseitigt und die Vertiefungen ausgefüllt werden. Dabei ist zu beachten, dass, wie die Austiefungen vorzugsweise die Folgen von benachbarten Kuppen sind, es in erster Linie darauf ankommt, diese Kuppen zu brechen. Es wird nie gelingen, eine Vertiefung zu heben, so lange man nicht dafür gesorgt hat, dass die benachbarten festen Kuppen, welche Anlass zu dieser Vertiefung gegeben haben, beseitigt oder wenigstens durch Abschrägung in ihrer Wirkung geschwächt wurden.

Dem Neuling im Dünenbau wird es schwer, dies zu befolgen. Er scheut sich, eine gut befestigte Kuppe in einem Dünenzuge zu beseitigen, hofft vielmehr, die Nachbarteile durch Strauchzäune und Pflanzungen nach und nach auf dieselbe Höhe bringen zu können. Vergebliches Bemühen. Die durch Weiden und Sandgrashorste dicht befestigte Kuppe wächst viel schneller in die Höhe als die Nachbarteile. Hier wirkt der Wind nach wie vor mit vermehrter Gewalt und vernichtet jede mühevolle Arbeit. Erst dann, wenn die festen Kuppen gelockert und auf die Tiefe des benachbarten Dünengeländes gebracht

worden sind, darf man Hoffnung haben, eine gleichmässig feste und Bestand versprechende Dünenkette zu gewinnen.

Die Beseitigung hervorragender Kuppen muss stets mit besonderer Vorsicht geschehen. Die Pflanzen, welche zu ihrer Befestigung beitragen, sind während der Vegetation tief auszuroden. Der Sand in der Nähe der Wurzeln ist bei starkem Winde in die Höhe zu werfen; er fliegt dann landeinwärts, sich flach verteilend. Je tiefer die Absenkung fortschreitet, um so spärlicher werden die Wurzeln, um so grösser die Sandmassen zwischen denselben, um so mehr wird die Kuppe durch die Blosslegung dem Angriff des Windes unterworfen: um so vorsichtiger muss daher diese Blosslegung geschehen. Schon bevor die gewünschte Tiefe der Absenkung erreicht ist, müssen die kahlen Stellen zwischen den Wurzeln durch Pflanzung oder Deckung befestigt werden. In der Richtung des Sandtreibens ist durch geeignete Vorrichtungen — Anlage von Strauchzäunen, Sandgraspflanzungen u. dgl. — dafür zu sorgen, dass der losgelöste Sand an denjenigen Stellen festgehalten werde, wo eine Erhöhung notwendig ist.

B. Tote stehende und liegende Bodenbedeckung.

§ 4.

Dichte Wände: Dielenzäune, Sturmzäune, Flechtzäune, Kupierzäune. Dichte Zäune wurden früher auf den Gipfeln der Dünen angelegt. Sie bestanden aus 2,5 m langen Zaunpfählen von Fichtenholz, welche eingegraben wurden und gegen welche 3, 4 auch 5 Bretter wohlfeilster Art horizontal genagelt wurden. Man nannte solche Zäune Dielen- oder Schwartenzäune. Nach Sören Biörns Vorschrift wurden die Bretter mit 2,6 cm weitem Abstand genagelt. Der Zaun a in der Abb. 208, S. 292 stellt einen Dielenzaun dar. Die Pfähle erhielten in der Nähe des Kopfes einen Einschnitt, damit sie nach dem Versanden gehoben werden konnten. In späteren Jahren nahm die Verwendung derartiger Zäune ab. Sie sind heut in Deutschland ganz aufgegeben.*)

*) In Frankreich dagegen werden ähnliche Zäunungen noch heut benutzt. Nur verwendet man die Bretter nicht horizontal, sondern stellt sie lotrecht mit 3 cm weiten Zwischenräumen in den Dünensand. Diese Zäune heissen pallisades. Die Bretter werden in den Dünen der Gascogne 1,6 m lang, 18 bis 22 cm breit und 3 cm stark aus Stämmen der Pinus maritima geschnitten. Sie werden zugespitzt und 60 cm tief eingegraben oder eingeschlagen, so dass die Pallisaden 1 m hoch über dem Sandboden stehen. Nach dem Versanden werden die Bretter einzeln durch Ketten in die Höhe gezogen. Derartige Zäune werden hauptsächlich auf den Vordünen da angewandt, wo man eine Erhöhung der Krone oder einzelner tiefer Stellen in der äusseren Böschung erreichen will.

Durchlässiger als die Dielen- oder Schwartenzäune waren die sogenannten Sturmzäune (Zaun d. in Abb. 208, S. 292). Dieselben bestanden aus lotrecht gestelltem Erlenstrauch von 2,5 bis 2,8 m Länge, welches zwischen drei horizontalen, an Zaunpfählen genagelten Latten geflochten wurde. Sie werden jetzt im See-Dünenbau nicht mehr angewendet, wohl aber zur Befestigung des Sandfluges von Binnendünen vereinzelt empfohlen (vergl. z. B. Wessely, S. 184).

In Pommern benutzte man zu derartigen Zäunen an Stelle des Erlenstrauches früher Rohr, Binsen oder Stroh. Man errichtete sie 0,94 bis 1,57 m hoch und nannte sie Sandstoven. Sie wurden vorzugsweise für die Deckung von Sandkehlen verwendet und waren jahrelang im Gebrauch (Hartig, S. 16 und 18). Auch in Holland werden derartige Sandstoven aus Schilf, Rohr und Stroh gebaut.

Flechtzäune im engeren Sinne pflegt man Zäune zu nennen, bei welchen das Erlenstrauch nicht lotrecht, sondern horizontal um aufrechtstehende eingegrabene Pfähle geschlungen wird. Derartige Zäune wurden in den dreissiger und vierziger Jahren auf der frischen und kurischen Nehrung besonders da angewandt, wo niedrige Stellen gegen die Ueberflutungen gesichert und zur Versandung gebracht werden sollten. Diese Zäune mussten nicht allein den vom Winde zugeführten Sand festhalten, sondern sie mussten auch gleichzeitig so grosse Festigkeit haben, dass sie zeitweise auftretendem Wellenandrang widerstehen konnten (Hagen III. 2, S. 127). Man nannte sie mitunter auch Kupierzäune. Gegenwärtig werden im deutschen Dünenbau solche Flechtzäune nur zur Befestigung der Ufer von Bächen und Flüssen oder der Wege in den Vordünen verwendet (vergl. §§ 39 und 40).*)

§ 5.

Durchlässige Wände: Strauchzäune, Fangzäune. Die durchlässigen Wände dienen entweder dazu, den Flugsand festzuhalten und zur Anhägerung zu bringen, oder sie haben nur den Zweck, das Verwehen des Sandes zu verhüten. Im ersteren Falle heissen sie Strauchzäune oder Fangzäune, im letzteren Besteck.

Die Bezeichnung Fangzäune hatte schon Sören Biörn gebraucht. Er verlangte von denselben drei Eigenschaften: sie sollten lebend, beweglich und durchlässig sein. Lebend, um die Arbeit der Unterhaltung zu sparen; beweglich, um Stürmen widerstehen zu können und durchlässig, der wirksamen Sandanhägerung wegen. Vergebens bemühten sich Biörn und Krause jahrelang, um die erste Bedingung

*) In Frankreich werden noch Flechtzäune unter dem Namen clayonnage zur Begrenzung der Kronenkanten der Vordünen längs der äusseren Böschung behufs Erzielung einer genau horizontalen Höhe und Erhaltung dieser Höhe verwendet.

durch Pflanzung von grünen Weiden und Pappeln zu erreichen. Jetzt hat man derartige Versuche und damit die erste Bedingung fallen lassen. Die beiden übrigen Bedingungen dagegen, Beweglichkeit und Durchlässigkeit, wurden erreicht und gelten noch heut. Die Beweglichkeit, die Nachgiebigkeit der Zäune in heftigem Stürm, macht sie besser geeignet für den Dünenbau als die starren Flechtzäune, selbst wenn man diese recht durchlässig anlegt.

Nach dem Material heissen die Fangzäune auch Strauchzäune. Sie haben viel Nutzen geschaffen. Sie als „nutzlose Arbeit und Geldversplitterung" gänzlich zu verwerfen, wie es Wessely S. 185 thut, ist falsch. Es empfiehlt sich im Gegenteil, sie auch heute noch anzuwenden. Nur

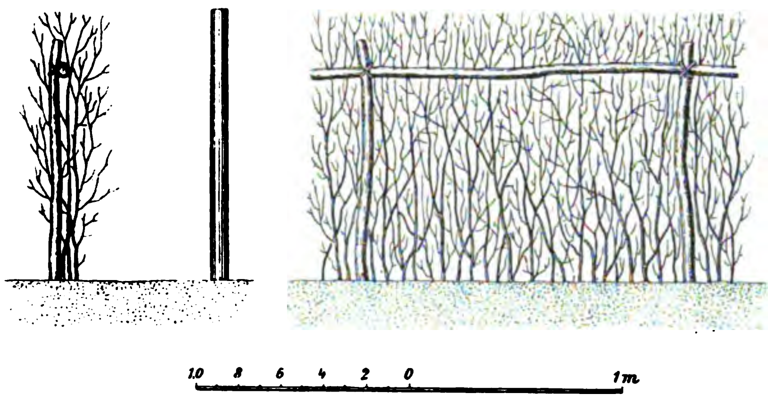


Abb. 226. Fangzäune von 1,26 m Höhe mit Rückhaltstangen nach Hagen. Querschnitt mit Richtpfahl und Ansicht.

muss dies in genauer Erwägung der Zwecke geschehen, welche man im Auge hat, und dabei die oben angegebenen zwei Wirkungen unterscheiden: entweder man will eine Sandanhägerung erreichen oder ein Sandauswehen verhüten. Im ersten Falle wird eine positive Thätigkeit ausgeübt, im zweiten eine negative vermieden. Ueber die zweite Art der Zäune, die Bauart der Bestecke siehe § 6.

Hagen hatte die Strauchzäune hauptsächlich zur Anlage neuer Vordünen verwendet. Sie wurden von ihm 1,26 m hoch errichtet. Das Strauch wurde in einem aufgeworfenen Graben 0,4 m tief fest eingestellt und nach Abb. 226 an der Leeseite durch horizontale Stangen gestützt, welche an eingegrabenen Pfählen befestigt waren. Die Wipfelenden des Strauches lehnten gegen die Stangen und konnten dadurch dem Druck des Windes besser widerstehen. Bei Zäunen von nicht mehr als 0,63 m Höhe fielen die Rückhaltstangen fort. Durch Richt-

pfähle neben den Zäunen wurde die Höhe genau angegeben, welche der Zaun erhalten sollte. Jetzt werden nur noch niedrige Zäune bis 0,7 m Höhe ohne Rückhaltstangen in Deutschland gebaut (Abb. 227). Auch wird das Reisig ohne Aufwerfen eines Grabens nur mit Zuhilfenahme des Pflanzspatens in den lockeren Sand gesteckt.

Bezüglich der Durchlässigkeit ordnete Hagen (III 2, S. 124) an, „dass das Strauch so weitläufig gestellt werde, dass es nur etwa die Hälfte der Fläche deckte, und die andere Hälfte freier Zwischenraum



Abb. 227. Strauchzäune an den Vordünen bei Neuhäuser.
(Nach einer Aufnahme von H. Thorun in Königsberg.)

blieb". Man kann dies ausdrücken: das Verhältnis von Strauch zu Zwischenraum sollte = 1 : 1 sein. Dies Verhältnis hat sich bewährt, und gilt noch heut als Vorschrift.

Eine andere Vorschrift, welche bei Anlage der Strauch- oder Fangzäune beachtet werden muss, ist die, ihnen eine genau horizontale Abgleichung zu geben. Dadurch wird die gleichmässige Sandanhägerung befördert. Ohne die Abgleichung entstehen Unregelmässigkeiten in der Sandablagerung, oder das Strauch ragt teilweise ohne Wirkung und darum unnötig hoch empor.

Die Richtung der Zäune folgt der geplanten Anhägerung oder steht quer gegen die herrschende Windrichtung. Ersteres tritt im Vordünenbau ein, Letzteres bei der Ausfüllung von Windmulden, Kessellöchern und dergl. Man begnügt sich selten damit, einen Zaun allein

aufzuführen; gewöhnlich werden mehrere derselben hintereinander aufgestellt. Die Zahl und Entfernung ist abhängig von der Sandführung der Winde und der Schnelligkeit, mit welcher die Sandanhägerung sich vollziehen soll. In den Vordünen werden gewöhnlich zwei Zäune in zwei Meter Entfernung aufgestellt, in den Windrissen hängt die Zahl der Zäune von der Grösse der Fläche ab, sie erhalten dann vier bis sechs Meter Entfernung.

Ist die Notwendigkeit vorhanden, eine grössere Höhe für die Anhägerung zu gewinnen, als mit der Anlage eines einzigen Zaunes von 0,7 m Höhe erreicht werden kann, so werden nach dem Versanden der ersten Zäune neue zweite Zaunreihen von gleicher oder nach Bedarf geringerer Höhe auf den Sandhügeln errichtet.

Das Material für die Fangzäune ist grünes oder trockenes Kiefernreisig, dem die feinen Aeste und Nadeln nicht genommen werden dürfen. Auch Laubholz und trockene Weiden sind zulässig. Gänzlich zu verwerfen sind aber grüne Weiden, sobald es sich um die Anlage von Strauchzäunen in den Vordünen handelt, denn die grünen Weiden schlagen in dem meist feuchten Sande aus, und erzeugen durch Bildung von Horsten Unregelmässigkeiten in den Vordünen, welche die Unterhaltung sehr erschweren.

§ 6.

Besteck. Die Bezeichnung Besteck ist seit einigen Jahren bei den Dünenbauten auf der kurischen Nehrung für diejenigen durchlässigen und ähnlichen Zäunungen eingeführt worden, welche dazu dienen, das Auswehen und Treiben des vorhandenen Dünensandes zu verhüten, ohne gleichzeitig eine Anhägerung neuen Sandes herbeizuführen. Sonach wird das Besteck nur da angewandt, wo Dünensand in hinreichender Menge und auch in geeigneter Ablagerung vorhanden ist, wo es also nur darauf ankommt, den gegebenen Zustand zu erhalten. Dies ist der Fall bei der Befestigung von Wanderdünen.

Das Besteck wird niedriger und weitläufiger, also billiger angelegt als der Fangzaun. Es ist nicht nötig, dem Strauch eine grössere Höhe als 0,3 m über dem Sandboden zu geben. Schon bei dieser Höhe und 4 m Entfernung der Zäune streichen selbst starke Winde unschädlich über die Sandfläche hinweg. Im Sandboden genügt eine Holzlänge von 0,2 m. Es ist daher nur nötig, das Strauch auf 0,5 m zu kürzen. Starkes Kiefernreisig wird neuerdings sogar auf 0,45 m Länge gekürzt, und zwar durch einen schrägen Schnitt, so dass die Länge zwischen den Spitzen der Reisigstäbe 0,5 m beträgt.

Das Besteck wird stets auf grossen Flächen angewandt. Es wird daher immer in regelmässigen Längs- und Querreihen angelegt, so

dass die zu schützende Fläche mit Quadraten überzogen wird. Die Grösse dieser Quadrate wurde anfänglich auf 3 m Seitenlänge bemessen, später aber auf 4 m ohne Schaden vergrössert. (Vgl. IV. Abschn. § 24). Die Richtung der Quadrate wird am besten derartig gewählt, dass die herrschende Windrichtung mit einer Seite übereinstimmt. Bei dieser Anordnung wird das Quadrat von den gefährlichsten Winden in der kürzesten Entfernung durchzogen. Bei jeder anderen Anordnung würde die herrschende Windrichtung mehr oder weniger sich der Diagonale des Quadrates nähern, und darum ein grösserer Einfluss des Windes auf das Auswehen des Sandes zu befürchten sein.

Auf Sturzdünen wird wegen der steilen Neigung des Geländes das Besteck enger gesetzt. Bei 3 m grossen Quadraten hat sich die

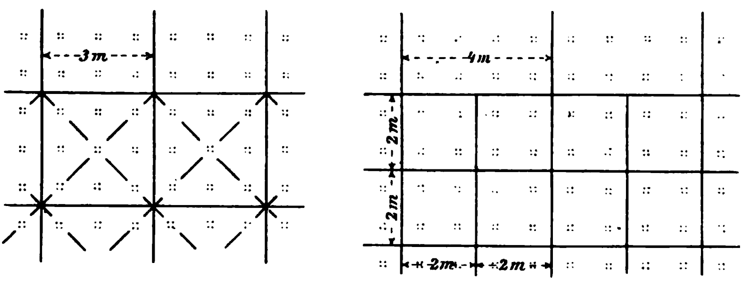


Abb. 228 u. 229. Besteck auf steilen Hängen bei Quadraten von 3 u. 4 m Grösse. Pflanzplätze für je 4 Kiefernpflanzen in 1 m Entfernung.

Einschaltung von Diagonalen nach Abb. 228 bewährt. Bei 4 m grossen Quadraten dagegen wird durch Einschaltung von Zwischenkreuzen nach Abb. 229 ein Netzwerk von 2 m Grösse gebildet.

Die Weite der Zwischenräume zwischen den Reisern des Bestecks ist mit dem Verhältnis der Dicke des Strauches zur Breite der Oeffnung = 1 : 1 zu gering. Dies Verhältnis ist bei Fangzäunen nötig; beim Besteck kann es überall ohne Schaden für den Erfolg, aber mit Vorteil für den Kostenaufwand auf 1 : 2 erhöht werden. In den geschützteren Lagen an den Leeseiten der Dünen hat sich selbst 1 : 4 als vollständig ausreichend erwiesen. (Vgl. IV. Abschn. § 24.) Abb. 218 S. 319 giebt eine Anschauung von einem derartig weit gestellten Besteck.

Das Material des Bestecks ist meist Kiefernreisig, dem aus später im § 8 entwickelten Gründen die feineren Teile genommen worden sind. Es kann aber auch Rohr und anderes Material verwendet werden. Rohr hat selbstverständlich nicht die Haltbarkeit des Holzes, aber es ist trotzdem geeignet; denn nach den vorliegenden Erfahrungen genügt seine Dauer bis zum Anwachsen der Kiefernpflanzen. Es ist ferner

wohlfeiler als Strauchbesteck und hat ausserdem den Vorteil, bei vorkommenden Versandungen leicht in die Höhe gezogen werden zu können. Aus diesem Grunde wird Rohrbesteck bei den Befestigungen zwischen Süderspitze und Schwarzort hauptsächlich für diejenigen Teile benutzt, welche dem Versanden am meisten ausgesetzt sind, wie die Grenz- oder Schutzstreifen. Die geringe Haltbarkeit der einzelnen



Abb. 230. Heidekraut-Besteck auf den Dünen bei Stilobake in Pommern. (Aufnahme des Verfassers 1898.)

Rohrstengel verlangt aber, dass das Rohr viel dichter gesetzt wird als Holzbesteck, wie Abb. 219 S. 321 veranschaulicht.

Der Bedarf an Reisig für das Besteck stellt sich nach den Erfahrungen im Bezirk Süderspitze auf 120 Raummeter für das Hektar, der Bedarf an Rohr nur auf 40 Raummeter; die Kosten betragen für das Reisigbesteck 290 bis 320 M., für das Rohrbesteck nur 110 bis 120 M. auf das Hektar.

Auch anderes Besteck hat man versucht: bei Stilobake in Hinterpommern z. B. hat man Heidekraut, welches dort in grossen Mengen

vorhanden ist, zur Anlage des Bestecks gewählt. Abb. 230 zeigt die so befestigte Düne mit den Kiefernpflänzchen. Im Hintergrunde erhebt sich das Seezeichen, die Stilobake. Das Heidekraut wurde mit den Kopfenden in den Boden gesteckt, so dass die Wurzeln nach oben ragten. Dies geschah deshalb, weil die Wurzelenden dem Besteck eine grössere Festigkeit verliehen als die leicht beweglichen Kopfenden hätten geben können. Das Besteck hat seinen Zweck gut erfüllt.

§ 7.

Stehende Bodendeckung durch Strohdocken (Beporten) und Reeth. Das Befestigen der Dünen durch Getreidestroh ist schon vor Jahrhunderten in Holland und Flandern im Gebrauch gewesen. Die dazu verwendeten Büschel nannte man Docken und die Arbeit selbst das Beporten. Beckmann beschreibt das Verfahren wie folgt:*)

„Ein Mann macht mit einer gewöhnlichen Schaufel auf jeden gewöhnlichen oder ausgreifenden Schritt ein Loch in den Sand, so tief, als die Schaufel auf einen Tritt gehen will. Hinter ihm folgen ein oder besser zwei erwachsene Kinder; diese haben Roggenstroh der Länge nach, so viel sie nur dort fassen können, unter dem linken Arme und auch noch vorrätig neben sich liegen, wie die Getreidebinder zur Zeit der Ernte. Bei jedem aufgeworfenen Loche ziehen sie eine Hand voll Stroh mit der rechten Hand unter dem linken Arme weg, schlagen es schnell in der Mitte zusammen und stecken den Busch mit dem zusammengebogenen Ende in das Loch; und so wie sie sich wieder aufgerichtet haben, treten sie den neben dem Loche aufgeworfenen Sand mit dem Fusse dicht an die Docke, wodurch das Loch gefüllt und der Busch darin befestigt wird."

Von Holland ist das Verfahren übergegangen auf die deutschen Nordseedünen. Hier ist es aber durch die Sandgras- oder Halm-Pflanzung mehr und mehr verdrängt worden. Gegenwärtig wird es nur noch auf der nördlichsten Insel der schleswigschen Küste Röm verwendet.

Auf Röm liegt die Unterhaltung der Dünen den Einwohnern ob. Aus diesem Grunde hat sich daselbst die Pflanzung mit Strohbüscheln noch heut erhalten. Die Büschel werden durch Umbiegen des 0,8 m langen Strohs auf 0,4 m Länge hergestellt und 12 bis 15 cm tief in den Boden gesteckt. Sie ragen daher 25 bis 28 cm empor. Ihre Entfernung beträgt 0,4 bis 0,6 m. Auf Versatz wird nicht besonders geachtet. Die Büschel werden aber, entgegen dem früheren Verfahren,

*) Beckmann, Oberdeichgraf zu Harburg, im Hannoverischen Magazin von 1712. Noch heut werden in Holland Strohdocken und Sandgras gemischt im Versatz gepflanzt. (Müller, Provinz Zeeland, S. 146.)

nicht mit dem gekrümmten, sondern mit dem gestreckten Ende in den Sand gebracht. Der gebogene Teil befindet sich über der Erde. Durch diese Anordnung wird die Haltbarkeit und Wirksamkeit des Büschels verlängert; denn sie können sich unter dem Einfluss von Regen und Wind nicht so leicht flach auf den Dünensand legen, wie es dann geschieht, wenn die einzelnen Strohhalme besenartig in die Höhe stehen und sich nicht gegenseitig unterstützen. Als Material wird glattes Roggen- oder Weizenstroh gewählt, möglichst von der Geest, dem Höhenlande, nicht von der Marsch, dem fruchtbaren Tieflande; denn das Marschstroh soll sich erfahrungsmässig viel früher vor dem Winde niederlegen als das Geeststroh. Auch wird nicht mehr der Spaten benutzt zur Herstellung der Löcher, sondern ein mit eiserner Spitze versehener 0,8 m langer Pflanzstock von der doppelten Dicke eines Spatenstiels, welcher am oberen Ende ein Querholz als Handgriff trägt. Zu einem Hectar sind nach Hübbe*) 1600 kg Stroh und 30 bis 40 Arbeitstage erforderlich, so dass die Befestigung von 1 ha ungefähr 200 Mark Kosten verursacht. In den Schluchten, wo der Wind heftiger bläst und die Strohbüschel enger aneinander gestellt werden müssen, nehmen die Kosten um 50 bis 100 % zu.

Die Verwendung von Strohbüscheln nimmt immer mehr und mehr ab. Und mit Recht. Der Schaden, welcher durch Regen und Hochwasser geschieht, ist zu gross. In einem Jahre wurden oft zwei, mitunter sogar drei Pflanzungen erforderlich. Dazu kommt der Umstand, dass die Strohdocken wie die Strauchzäune nur zur Anhägerung des Sandes dienen, eine dauernde Festlegung desselben niemals liefern können. Sie sind daher nur Mittel zum Zweck und müssen früher oder später durch eine lebende Sandgraspflanzung ersetzt werden.

Reeth, das heisst Rohr oder Schilf, war in früheren Jahren ähnlich wie Stroh in Büscheln auf den Nordseeinseln zur Befestigung der äusseren Böschung der Vordünen verwendet worden. Jetzt wird es nur noch in beschränktem Maasse auf denselben Inseln zur Bepflanzung der hinter den Vordünen und durch dieselben geschützt liegenden tiefen feuchten Stellen benutzt. Es entwickelt sich hier in zufriedenstellender Weise.

§ 8.

Liegende Bodendeckung durch Kiefernstrauch, Seetang, Häcksel u. a. m. Durch aufgelegtes Kiefernstrauch hat man den fliegenden Sand schon um die Mitte des 18. Jahrhunderts in der holländischen Provinz Zeeland befestigt. Der General Claussen hatte dies Verfahren

*) Hübbe in den Landwirtschaftlichen Jahrbüchern 1879. S. 391.

daselbst ausgeübt. In Deutschland war es anfangs des 19. Jahrhunderts im Gebrauch. Krause verwendete vorzugsweise Kiefernaststrauch oder Wachholder. Das Aststrauch zog er deshalb dem Wipfelstrauch vor, weil es fächerförmig ausgebildet war und sich flach auf den Boden auflegte. Die Wipfelenden bildeten nie eine ähnlich glatte Deckung. Ihre hervorragenden Zweige wurden zu leicht vom Winde erfasst, gehoben und damit die ganze Strauchdecke aufgerollt. Krause legte ferner Wert darauf, die Strauchdecke ohne Unterbrechung und im Anschluss an feste Gegenstände auf der Windseite durchzuführen. Ueber die Arbeitsausführung im einzelnen erteilte er in seinem Werk S. 158 folgende Vorschrift:

„Auf einer zu deckenden Fläche wird an der äussersten südöstlichen Grenze der Anfang gemacht, allmählich gegen die nordwestliche Grenze in einfachen von Nordost nach Südwest ausgebreiteten Strauchlagen vorschreitend, wobei die auf den Boden niedergedrückten Stammenden des Strauches gegen Nordwest, die Wipfelenden gegen Südost gerichtet sein müssen. Eine Lage muss die andere überdecken, d. h. die Wipfelenden der zweiten Lage müssen die Stammenden der ersten Lage bedecken u. s. w.; und es müssen die Stammenden der letzten, der äussersten nordwestlichen Strauchlage möglichst tief in den Boden eingelassen oder mit festem Rasen bedeckt und damit an den Boden so gebunden werden, dass sie vom Winde nicht aufzuheben sind. Die so gebildete Strauchdeckung muss das Ansehen einer geschorenen Strauchfläche haben. So ist die Deckung schon gegen Windaufrisse sehr gesichert, doch noch nicht hinlänglich. Um ihre Festigkeit zu vermehren und ihr den vollständigsten Widerstand gegen Stürme anzueignen, muss sie mit Stangen — Streckstangen —, wozu am besten unterdrückte (d. h. durchforstete) Stammkiefern dienen, überlegt werden, die mit Hakenpfählen oder Kreuzpfählen an den Boden zu befestigen sind. Ueber jeder dritten Lage werden quer in der Mitte über das Strauch die Stangen aneinanderstossend gelegt, und jede Stange wird 2 oder 3 mal an den Boden gepflöckt. Die dazu verwendeten Hakenpfähle erhalten eine Länge von 0,63 bis 0,78 m. Mangeln Hakenpfähle, so werden sie durch Kreuzpfähle ersetzt, das sind 0,78 bis 0,94 m lange Faschinenpfähle, welche paarweise in schräger Richtung neben den Streckstangen in den Boden so getrieben werden, dass sie sich dicht über der niedergedrückten Stange kreuzen und diese festhalten. Auf einen preussischen Morgen sind 9 bis 12 Klafter Deckstrauch zu berechnen.“ Dies Materialbedürfniss entspricht 120 bis 160 rm a. d. ha*).

*) Das hier beschriebene Verfahren ist noch heut in den „Landes“ gebräuchlich, sowohl zur Befestigung von Blössen in den Vordünen als zur Aufforstung

Krause hatte die beschriebene Art der Strauchdeckung vorzugsweise für die Befestigung derjenigen Blössen benutzt, welche in den kupstigen Geländen zwischen Vor- und Binnendünen mitunter sich vorfinden. Genau dasselbe Verfahren der Strauchdeckung war auch in der Provinz Pommern von Schrödter (s. IV. Abschn. § 17) angewendet worden. Derselbe hatte es offenbar in Westpreussen gelernt. Die Aeste wurden später überall da, wo der Wind nicht allzu stark war, nur lose auf den Sand gelegt. Auch wurde die Decke nicht sehr dicht hergestellt. Der Sand durfte überall durchblicken. Grössere offene Stellen wurden mit kleinerem Strauchabfall bestreut.

Mit Kieferndurchforstungsstangen hat man im Grossherzogtum Oldenburg während der sechziger Jahre Deckungen ausgeführt. Buschige und reich beästete Stangen wurden auf den vorher eingeebneten Dünen 16 cm weit von einander verlegt und zwar die Zopfenden abwechselnd nach der einen und nach der anderen Seite. Ueber dieselben wurden Querstangen gestreckt, welche man durch Hakenpfähle in 1,5 m Entfernung am Boden befestigte.

Heidekraut wurde schon frühzeitig überall da zur Festlegung der Dünen benutzt, wo es in grösserer Menge vorhanden war. Da sowohl Erica tetralix als Calluna vulgaris auf den Sandflächen häufig angetroffen werden, so war die Anwendung dieser Deckung ziemlich gebräuchlich. In Oldenburg, im Stettiner Regierungsbezirk sowie im Kösliner Bezirk in der Nähe von Schmolsin, wird diese Deckung ausgiebig verwendet. Im Gegensatz zur besteckartigen Benutzung des Heidekrautes (s. § 6) wird das abgemähte oder abgehackte Kraut über die vorher mit Kiefern besäte oder bepflanzte Fläche gleichförmig handhoch ausgebreitet und dann mit Sandhäufchen beschwert, damit es nicht so leicht vom Winde gefasst, zusammengeschoben und entfernt werde. Notwendig ist es, dass das Kraut recht lang sei, weil kürzere Stücke beim Decken sich nicht gut ineinander flechten.

Seetang und Seegras wird an der Ostsee vielfach zum Decken verwendet. Am Strande ausgeworfen, wird es gesammelt und entweder über die zu deckende Sandfläche gleichmässig verteilt oder in parallelen Wällen aufgeschüttet, welche mit Stangen und Hakenpfählen befestigt werden.

Plaggendeckung oder die Deckung durch abgehobene Rasenstücke ist vielfach auf fliegenden Dünen im Binnenlande angewendet

der Binnendünen. Man nennt die Strauchdeckung couverture, bringt sie ziemlich dicht auf, hält sie aber nicht durch Streckstangen und Hakennägel fest, sondern durch geringe Ueberdeckung jeder Schicht mit Dünensand. Unter dem Schutz der Couverture entwickelt sich der auf den Dünensand gestreute Same der Pinus maritima ohne irgend welche Beihilfe.

worden, weniger dagegen zur Befestigung der Dünen an der Küste. Nur auf der Halbinsel Eiderstädt in Schleswig-Holstein werden Plaggen auch zur Festlegung des Dünensandes längs der Küste benutzt. Es wird der Sandrasen in den Binnenländereien durch Plaggenhauen gewonnen und auf den zu deckenden Dünen als Flachrasen aufgebracht.

Am meisten gebräuchlich ist jetzt die Deckung durck kurz gehacktes Kiefernstrauch, sogenanntes Hackstrauch oder Häcksel. Es werden hierbei die feinsten Teile des Kiefernstrauches, diejenigen, welche bei der Herstellung des Bestecks gewonnen werden, benutzt. Sie werden gleichmässig über den Sand verstreut. Nur geringe Mengen, nämlich 70 Raummeter auf das Hektar, genügen nach Schiweck zur Deckung (vgl. IV. Abschn. § 24); die Kosten betragen im Bezirk Süderspitze 175 bis 185 M. für das Hektar.

Der Erfolg des Häcksels besteht darin, dass die kurzen Stücke sich eng dem Boden anschmiegen, dass keine hervorragenden aufrecht gerichteten Teile vorhanden sind, welche vom Winde gefasst werden können, und dass die Nadeln und feinen kurzen Aeste in den Sand eindringen und sich ankerartig befestigen. Dies Verfahren wird daher jetzt allgemein bei der Kultur der Wanderdünen benutzt, zur Deckung von Sandkehlen oder Windlöchern dagegen nicht, weil hier die Absicht vorliegt, eine Versandung zu erzielen.

C. Lebende Bodendeckungen.

§ 9.

Lebende Bodendeckung durch Weiden. Schon Sören Biörn hatte sein Bemühen darauf gerichtet, die leicht verderbliche tote Bodenbedeckung durch eine lebende Bodendecke zu ersetzen. Die Versuche, welche er und Krause ausführten, um auf den hohen Wanderdünen lebende Weidenzäune zu gewinnen, scheiterten an der Trockenheit des Sandes. Jahrelang wurden die Versuche unermüdlich fortgesetzt. Erst im Jahre 1829 wurden sie von Krause aufgegeben (Krause S. 48).

Dagegen in den Gründen zwischen den Vordünen und Binnendünen und auf den Vordünen selbst hatten die Weidenstecklinge ein besseres Gedeihen. Gewöhnlich waren es die kleine Sandweide und die Caspische Weide, welche sehr gut fortkamen. Die Sandweide bildet noch heut in den Niederungen der Dünen ein sehr bequemes und unter Umständen willkommenes Befestigungsmittel. Sie pflanzt sich durch den fliegenden Samen von selbst fort ohne Zuthun der Dünenbeamten. Die Mit-

wirkung der letzteren unterbleibt, weil die Sandweide ihres kümmerlichen Wuchses wegen nur geringen Schutz bietet.

Eine besser deckende Pflanze ist die Caspische Weide. Sie war deshalb früher auf den Dünen der frischen und kurischen Nehrung in umfassendem Maasse eingeführt worden. Sie erträgt den Sandflug, die Stürme und salzigen Seewinde sehr gut. Sie entwickelte sich auf und unmittelbar hinter den Vordünen so vortrefflich, dass es jahrelang schien, als ob man in der Caspischen Weide ein gutes und dauernd wirksames Befestigungsmittel gefunden hätte. Tief in den Boden



Abb. 231. Vordüne mit Weidenhorsten auf der Krone.
(Aufnahme des Verfassers 1898.)

reichten ihre Wurzeln. Immer wieder schlugen sie trotz arger Verwüstungen aus, auch der Same sorgte in sehr bequemer Weise für die Verbreitung der Pflanze.

Aber mit den Jahren zeigte sich ein Nachteil der Caspischen Weide: sie bildet Horste. Durchlaufend gleichmässig über das Gelände sich erstreckende Bedeckungen sind mit ihrer Hilfe nicht zu erreichen. An einigen Stellen wuchert die Pflanze ausserordentlich üppig, an anderen geht sie ein. Die Stellen mit guter Entwickelung halten den Sand fest, ein kleiner Hügel bildet sich um die Weide, kräftige Schösslinge treiben empor, welche immer mehr des anfliegenden Dünensandes zwischen sich aufnehmen, so dass schliesslich aus dem Horst ein mit dichtem Weidengestrüpp bezogener Dünenberg wird. So bilden die Caspischen Weiden auf den Vordünen, wie Abb. 231

zeigt, feste Kuppen. Dieselben sind aber keineswegs vorteilhaft. Sie tragen im Gegenteil gerade zur Zerstörung der Vordünen bei. Denn zwischen den Weidenhorsten setzt sich der Wind fest, er wird hier gepresst, bricht den wenig befestigten Boden zwischen ihnen mit vermehrter Gewalt auf, und reisst Windkehlen und Kessellöcher aus. (Vgl. § 3.) So giebt der Anwuchs von Weiden auf den Vordünen gerade zur Zerstörung der Letzteren Veranlassung. Dies hat dazu geführt, dass gegenwärtig mit vieler Mühe alle Weiden von den Vordünen beseitigt werden.

§ 10.

Lebende Bodendeckung durch Sandgras. Das wichtigste Befestigungsmittel für den Dünensand ist das Sandgras. Mit der Erkenntnis seiner Vorzüge hat der Dünenbau erst begonnen. Auf Island soll es sogar nach der Behauptung von M. Siemssen (S. 305) unter dem Namen Melur als Getreideart geschätzt und zum Brodbacken benutzt werden. Röehl, Titius und Sören Biörn nannten es Klittag (S. 288 u. 291), eine Bezeichnung, welche jetzt unbekannt ist. Dagegen hat sich die in Holland und an den friesischen Inseln seit Jahren gebräuchliche Bezeichnung Helm noch heut erhalten.

Drei Arten des Sandgrases werden jetzt vorzugsweise in Deutschland verwendet: Ammophila arenaria, Ammophila baltica und Elymus arenarius. Die beiden ersteren für die Luvseiten, das letztere für die Leeseiten der Dünen. Neben diesen Gräsern wird auf Langeoog, Norderney und Juist auch Triticum junceum gepflegt. Es stellt sich meist von selbst auf den Aussenböschungen ein und ferner da, wo auf dem niedrigen nassen Strande Ammophila arenaria noch nicht gedeihen würde. Hier gedeiht das Triticum gut. Es setzt sich durch Ausläufer fort und trägt zur Befestigung des Bodens erheblich bei. Eine hohe Düne von dauerndem Bestande kann es nicht bilden; denn es stirbt im Herbst ab, auch ist es nicht dicht genug, um den Sand zwischen den Halmen festzuhalten.*)

Die Vorzüge des Sandgrases liegen in seiner Fähigkeit, sich um so stärker zu entwickeln, je heftiger der Sandflug ist; ferner in der Möglichkeit, mit verhältnismässig geringer Mühe bei genügender Aufmerksamkeit gleichmässige Sandanhägerungen zu erzielen. Das Sandgras wirkt als stehende Bodendeckung. Es trägt zur Schwächung

*) Auch überall im Auslande hat durch Verwendung des Sandgrases eine geregelte Dünenkultur erst begonnen. In Frankreich wird nur Ammophila arenaria gebaut; es führt im südlichen Frankreich den Namen gourbet, im nördlichen die Bezeichnung oyat. In England und Amerika heisst es beach grass oder marram grass.

des Windes bei. Der von letzterem mitgeführte Sand fällt nieder und bleibt zwischen den Halmen des Grases liegen. Ein Auswehen des Sandes tritt nicht ein, sobald die Grasbüschel nahe genug bei einander stehen. Die Entfernung der Sandgraspflanzen muss daher der Stärke der zu befürchtenden Auswehungen entsprechen.

§ 11.

Sandgrassaat. Die Entwickelung des Sandgrases durch Aussaat war schon im vorigen Jahrhundert auf den dänischen Dünen gebräuchlich. Es war hier genau vorgeschrieben, zu welcher Zeit die Aehren gewonnen werden sollten, um nicht zu grosse Verwüstungen auf den Pflanzungen hervorzurufen, und in welcher Weise das Legen der Aehren geschehen müsse (vgl. IV. Abschn. § 5 S. 285). Auch Sören Biörn wandte nach dem Beispiel der Dänen die Saat durch Aehren an. Auf den Höhen erkannte er aber bald die Unzuverlässigkeit der Grassaat; hier schrieb er Pflanzungen vor. Dagegen ordnete er an: „tiefer nach unten, wo sich mehr Ebene findet, werden die Samen in ihren Aehren in den Sandboden gebracht, etwa 4″ (0,10 m) tief.*)

Krause gab die Aehrensaat als unzuverlässig auf, er benutzte ausgedroschenen Samen. Zur Zeit der Reife liess er die Aehren vom Halm brechen oder schneiden und an einem luftigen Ort in dünner Schüttung vollkommen trocknen und demnächst dreschen. Nach seiner Erfahrung hielt die Sandrohrrispe das Korn so fest, dass sie nur bei Frost mit gutem Erfolg gedroschen werden konnte. Ueber das Verfahren bei der Sandgrassaat gab er folgende Vorschrift (Krause, Dünenbau, S. 73):

„Die zu besäende Fläche wird, nachdem alle sich vorfindenden hinderlichen Gegenstände fortgeschleppt sind, vermittelst eines Pfluges in 3 bis 4 Zoll tiefe Furchen gelegt, in die der Same dünn eingestreut wird. Der so besäete Boden wird mit leichten hölzernen Eggen wieder geebnet, wodurch der Same eine 1 bis 3 Zoll (2,6 bis 7,8 cm) hohe Bedeckung erhält. Die Furchen werden 1½ bis 2 Fuss (0,47 bis 0,63 m) weit von einander entfernt gelegt, und es ist in Hinsicht ihrer Richtung darauf zu achten, dass sie von dem vorherrschenden, dem Nordwestwinde, und eben so von den Sturmwellen der See nicht der Länge nach bestrichen werden können, wodurch dann dem Aufreissen und Auswaschen der Samenreihen möglichst begegnet ist.“ „Die Saat ist in der letzten Hälfte des Monats Mai, allerspätestens in der ersten Hälfte des Monats Juni zu bestellen, nachdem sich die heftigen Winde gelegt haben und ein beständig ruhiges Wetter eingetreten ist. Die

*) E. Kummer in der Zeitschr. f. Bauwesen, 1896, S. 441.

Herbstzeit ist zur Aussaat nicht zu benutzen; denn während der Winterzeit wird, bei schneelosem und trockenem Froste, der Same aus den noch lockeren Furchen bis auf das letzte Korn ausgeweht. Zwei oder vier Wochen nach der Aussaat zeigt sich das Gewächs in haarfeinen Halmen, die im ersten Jahre noch sehr schwach bleiben und die Länge von etwa 4 Zoll (0,10 m) erreichen; es treibt aber eine kräftige Wurzel. Das fernere Gedeihen hängt von Umständen ab: Verharrt die Saat lange in geschlossenem Zustande und geht ihr kein Sandflug zu, wie solches auf Strandflächen, die mit Steingeröll bedeckt sind, der Fall ist, dann verbleibt sie auch in einer kümmerlichen Lage. Besteht der Boden aber aus lockerem Sande und wird er von Winden zerklüftet, dann bilden sich vermittelst der darauf stehenden Saat Sandhügel, die in kurzer Zeit eine mehrere Fuss betragende Höhe erreichen, und in denen die Saat ein üppiges Gedeihen findet, welches durch jeden neuen Sandanflug genährt wird. In solchen Hügeln wuchernd, gelangt die Pflanze bald zur vollen Ausbildung und giebt oft schon im dritten Jahre Samen; dagegen sind dicht geschlossene Saaten aufzuweisen, die noch nach zwanzig Jahren im zweijährigen Zustande verblieben sind. — Die Sandgrassaat ist daher nur auf Flächen mit gutem Erfolge anzuwenden, die aus reinem und lockerem Sande bestehen."

Als Samenbedürfnis empfiehlt Krause für den preussischen Morgen 1 Scheffel vom Sandrohr und 2 Scheffel vom Sandhaargras, d. h. auf das Hektar 2,15 hl Ammophila arenaria oder 4,3 hl Elymus arenarius.

Heut wird die Sandgrassaat nicht mehr angewendet. Sie ist zu unsicher. In dem lockeren, leicht beweglichen Sande bleibt das Samenkorn selten in der für die Keimentwickelung erforderlichen Tiefe. Entweder wird der Boden ausgeweht und das Korn blossgelegt, oder es findet eine starke Ueberschüttung statt, so dass der Same sich nicht entwickeln kann. Man pflegt daher heut in Deutschland und auch im Auslande das Sandgras nicht mehr durch Samen sondern nur durch Pflanzung zu kultivieren.

D. Sandgraspflanzung.

§ 12.

Sandgraspflanzung in runden Büscheln. Viel zuverlässiger als die Grassaat, selbst mittels gedroschenen Samens, ist das Pflanzen des Sandgrases und zwar sowohl das Pflanzen von Ammophila arenaria wie baltica und Elymus arenarius.



Abb. 232. Vordüne auf Amrum. Düneninspektor Hübbe. (Aufn. d. Verf. 1898.)

Man unterscheidet nach der Art, wie die Pflanzen in den Boden gesetzt werden, Büschel- und Reihenpflanzung und die Verbindung beider. Bei der Büschelpflanzung werden die einzelnen Pflanzen in Büscheln zusammengerafft, bei der Reihenpflanzung in Linien gesetzt. Die Büschel können rund oder breit angelegt werden, die Reihen durchbrochen oder fortlaufend sein. Sie können in quadratförmiger oder rechteckiger Anordnung zu Netzverbänden sich vereinigen und innerhalb des Netzverbandes noch Ausbüschelungen erhalten.

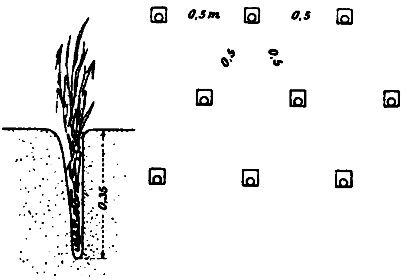


Abb. 233 u. 234. Pflanzen der runden Sandgrasbüschel.

Ausschliesslich in runden Büscheln wird gegenwärtig an der Nordsee gepflanzt. Abb. 232 zeigt die Büschelpflanzung einer Vordüne auf Amrum; auch Abb. 10 S. 39 lässt die Büschelpflanzung einer Vordüne auf Sylt deutlich erkennen. Man behauptet, dass bei den heftigen Winden, welche an der Nordsee herrschen, der runde Büschel wegen seiner grösseren Widerstandsfähigkeit besser sei als der flache Büschel. Letzterer ist ausschliesslich an den Dünen der Ostsee im Gebrauch und hat sich dort sehr gut bewährt. Die runden Nordseebüschel werden nach Abb. 233 und 234 in Reihen und in Versatz gestellt, so dass die einzelnen Büschel 0,3 bis 0,5 m Entfernung von einander haben. Sie enthalten bei 4 bis 5 cm Stärke 5 bis 10 Pflanzen. Auf den ostfriesischen Inseln sind nur 3 bis 6 Pflanzen in einem Büschel vereinigt. Letztere werden hier auch nur 0,3 m weit von einander gesetzt. Dieselbe Entfernung ist auch auf Helgoland üblich. Je länger die Halme sind, um so schwächer wird der Büschel.

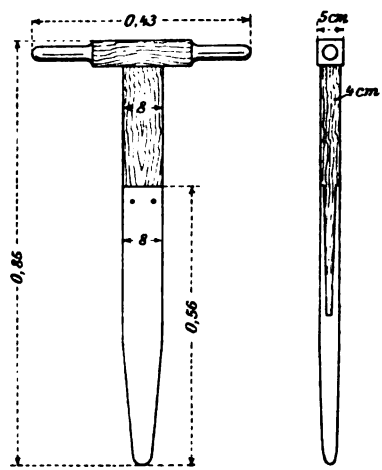


Abb. 235. Pflanzstock für runde Sandgrasbüschel.

Das Pflanzen erfolgt mit Hilfe eines Pflanzstockes nach Abb. 236. Derselbe ist nach Abb. 235 0,85 m lang und auf 0,56 m Höhe mit Eisen beschlagen. Ein Kreuzholz von 0,43 m Länge dient zum

Einstossen des Stockes. Durch Seitwärtsdrücken desselben wird das Loch erweitert.

Das Materialbedürfnis stellt sich auf den nordfriesischen Inseln auf ungefähr 2500 Bunde zu 100 Pflanzen, der Kostenbetrag einschliesslich Lieferung der Bunde auf 240 bis 300 M. für das Hektar. An steilen Hängen und in engen seewärts offenen Schluchten werden die Büschel in 0,2 bis 0,3 m Entfernung gepflanzt; hier ist das Materialbedürfnis entsprechend grösser und der Kostenbetrag demgemäss höher.*)



Abb. 236. Helmpflanzung auf Sylt. (Aufn. d. Verf. 1898.)

§ 13.

Sandgraspflanzung in flachen Büscheln. Wenn die Grube zum Setzen der Büschel nicht durch einen Pflanzstock hergestellt wird, sondern durch einen Spaten, und der Büschel gegen die Schnittfläche des Spatens ausgebreitet wird, so erhält man statt des runden Büschels einen flachen Büschel. In dieser Weise hatte

*) Auch auf den Dünen des Biscayschen Meerbusens in der Gascogne wird das Sandgras ausschliesslich in runden Büscheln gepflanzt. Die Entfernung derselben beträgt 0,4 bis 1 m. Zum Pflanzen wird ein Stock ohne Querholz gebraucht, mit dessen Hilfe der Arbeiter die Löcher sprungweise herstellt. Er fasst den Stock mit den Händen, und benutzt zum Einpressen sowohl die Kraft des Sprunges wie das Gewicht seines Körpers.

schon Sören Biörn in den letzten Jahren seines Lebens die Sandgraspflanzung ausgeführt, nachdem er gefunden hatte, dass die sonst von ihm ausschliesslich beliebte Aehrensaat auf den hohen Wanderdünen ohne Erfolg blieb. Die Gruben, welche er anlegte, waren nach Abb. 237 0,47 m tief und hatten nahezu senkrechte Wände.

Diese rechtwinklige Form erschwerte das Pflanzen. Krause liess daher später die Gruben dreieckförmig ausheben und das Sandgras flach einlegen (Abb. 238), ein Verfahren, welches man noch heut an einzelnen Stellen Hinterpommerns findet. Hierdurch wurde die Arbeit des Aushebens sehr erleichtert. Ausserdem hoffte Krause durch diese Lage ein dichteres Wurzelgeflecht zu erzielen, weil er annahm, dass sämtliche Wurzelknoten, welche in den Boden kamen, auch Sprossen treiben würden, und weil bei flacher Lage die Zahl dieser Knoten grösser ist, als bei der steilen Lage. Die Erfahrung lehrte jedoch, dass nur aus dem obersten Wurzelringe Sprossen trieben, aus den unteren dagegen nicht. Da nun die dreieckförmige Grube den Uebelstand hatte, dass der Boden nicht fest genug eingetreten werden konnte, und durch starke Winde der lose eingebrachte Sand leicht ausgeworfen wurde, auch die flach liegenden Wurzeln unter dem Frost litten, so liess Krause später die Büschel wieder senkrecht pflanzen. Dies geschah aber nicht in rechteckigen, sondern in trapezförmigen Gräben nach Abb. 239, so dass durch die schräge Böschung der Grube das Auswerfen des Sandes erleichtert wurde. Die Gräben wurden 0,42 m

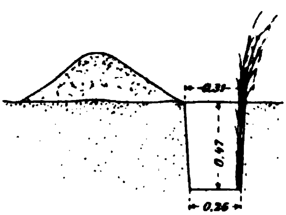
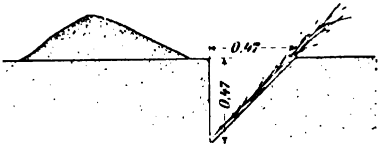


Abb. 237. Sandgraspflanzung in breiten Büscheln nach Sören Biörn.



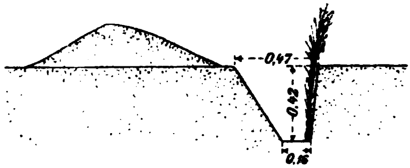


Abb. 238 u. 239. Sandgraspflanzung in breiten Büscheln nach Krause.

tief und oben 0,47 m breit hergestellt. Die Pflanzen wurden so tief eingesetzt, dass die obersten Sprossenringe vollkommen vom Sande bedeckt wurden.

Krause liess die Pflanzung durch drei Arbeiter ausführen: der erste hob die Gräben aus, der zweite setzte die Pflanzenbüschel ein,

breitete sie aus, hielt jeden Büschel mit der linken Hand fest, und warf mit der rechten so viel Sand gegen die Wurzel, dass der Büschel in der ihm gegebenen Stellung kurze Zeit verbleiben konnte. Der dritte Arbeiter füllte die Grube vollständig, und trat den Sand fest. Das Oeffnen der Gruben wurde von Männern ausgeführt, das Setzen der Pflanzen und Ausfüllen der Gräben von weiblichen Arbeitern.

Jetzt wird auf der kurischen Nehrung das Pflanzen des Sandgrases in flachen Büscheln mittels des in Abb. 241 dargestellten Pflanzspatens ausgeführt. Zwei Arbeiter oder Arbeiterinnen unter-



Abb. 240. Sandgraspflanzung auf der kurischen Nehrung. (Aufnahme des Verfassers 1899.)

stützen sich hierbei gegenseitig (vgl. Abb. 240). Die eine führt den Spaten und stellt aufrecht stehend das Pflanzloch her. Sie drückt hierzu den Spaten tief in den Boden, und bildet durch wiederholtes Vor- und Rückwärtsbewegen desselben eine keilförmige Grube (vgl. Abb. 242). Diese Grube genügt für das Einsetzen des Büschels. Die zweite Arbeiterin führt ein Bund Sandgras mit sich, entnimmt demselben knieend — während die erste die Grube herstellt — die für das Pflanzen nötige Zahl von Gräsern, ordnet sie nach der Länge der Wurzeln, indem sie die zu langen Wurzeln knickt, und führt in die hergestellte Grube den Büschel hinein, ihn mit beiden Händen rechts und links ausbreitend. Gleichzeitig mit dieser Verrichtung hat die erste

Arbeiterin ungefähr 10 bis 15 cm hinter dem Pflanzloch den Spaten in die Erde gesteckt und drückt — während die zweite die Sandgrashalme kurze Zeit festhält — den Spaten nach vorn in die Richtung des Pflanzlochs (vgl. Abb. 242). Auf diese Weise wird Letzteres geschlossen. Endlich wird der Boden um den Büschel mit den Füssen festgetreten.

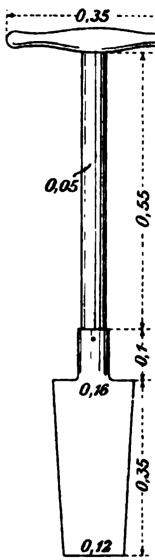


Abb. 241. Pflanzspaten.

Begünstigt wird diese Art der Büschelpflanzung durch die Jahreszeit, in welcher die Pflanzung geschieht. Es wird dazu das Frühjahr oder der Herbst benutzt (vgl. § 16), also eine Zeit, in welcher der Boden feucht und standfähig genug für die Ausführung des schmalen keilförmigen Spaltes ist. Ist der Sand so trocken, dass er zusammenfällt, so müssen mit dem Spaten grössere Löcher nach dem Verfahren von Krause gegraben werden. Dies verteuert die Pflanzarbeiten.

Der breite Büschel hat den Vorzug, dass man seine Breitseite gegen die herrschende Windrichtung stellen, und dadurch auf einer breiteren Fläche den Wind brechen, also zur Schwächung desselben und zur Anhägerung des Sandes beitragen kann als vermittelst des runden Büschels.

Der Bedarf an Pflanzen beträgt für jeden Büschel 3 bis 6, im Durchschnitt 5 Pflanzen. Es kommt aber auch vor, dass von besonders kräftigen Pflanzen nur 2 in ein Pflanzloch gehen. Der durchschnittliche Bedarf für hundert Büschel beträgt 500 Stück Pflanzen.

§ 14.

Sandgraspflanzung in Reihen. Die Sandgraspflanzung in Reihen wurde von Krause eingeführt. Sören Biörn hatte sie noch nicht angewendet. Krause beschreibt das Verfahren auf S. 71 seines Werkes wie folgt: „Für die Reihenpflanzung werden 16 bis 18 Zoll (0,42 bis 0,47 m) tiefe, oben 12 und unten 10 Zoll (0,31 bz. 0,26 m) breite Rinnen genau nach den vom Pflanzmeister abgeschnürten oder gezogenen Linien geöffnet. Die Seite der Rinne, welche der Linie folgt, heisst die Schnurseite, zur rechten Hand des rückwärts tretenden Gräbers, der mit zwei, einem breiten und einem schmalen Spaten, versehen sein muss. Zum ersten Aushub wird der breite, zum zweiten Stich der schmale

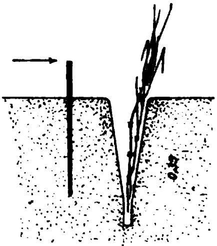


Abb. 242. Pflanzen des Sandgrases im Keilspalt.

Spaten benutzt; der ausgegrabene Sand wird auf die linke, der Schnurseite gegenüberliegende Seite abgelegt. Beim zweiten Aushub müssen die beiden Seiten der Rinne abgeglättet werden. Hierauf folgt das Setzen der Pflanzen. Der Setzer tritt in die Rinne und legt, rückwärts tretend, die Pflanzenwurzeln gegen die Schnurseite. Ihm folgt unmittelbar der Werfer, welcher sogleich so viel von dem auf der linken Seite abgelegten Sande mit dem Spaten gegen die Wurzeln bringt, als notwendig ist, sie in der ihnen gegebenen Stellung zu erhalten; ein dritter Arbeiter füllt die Rinnen vollkommen mit Sand aus und tritt sie fest. Vier Arbeiter sind demnach erforderlich, und soll die Arbeit beschleunigt werden, so ist ein fünfter oder ein zweiter Gräber notwendig, der mit dem schmalen Spaten dem ersten folgt."

Hierbei wurden die Wurzeln je nach der Stärke der Pflanzen 1½ bis 2 Zoll (39 bis 52 mm) von einander entfernt gestellt. Der Pflanzenbedarf betrug durchschnittlich 90 Stück auf die Rute oder 224 Stück auf 10 Meter Länge.

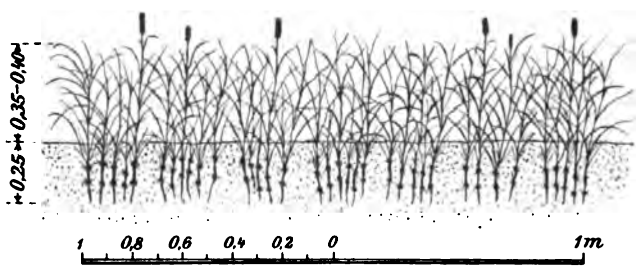


Abb. 243. Bildung der Sandgrasreihen aus flachen Büscheln.

Dies etwas umständliche und kostspielige Verfahren ist noch heut in den Vordünen Westpreussens in Gebrauch, welche ehemals der Stadt Danzig gehörten, und woselbst noch heut Arbeiter beschäftigt werden, welche früher unter Krause thätig waren. Auf den ostpreussischen Vordünen hat sich ein einfacheres Verfahren zur Herstellung der Reihen ausgebildet: Da die Halme eines breiten Büschels sich auch nach den Schmalseiten neigen, daher zur Erzielung von Reihen, welche das Streichen des Windes dicht über der Sandoberfläche verhindern, eine dichte Aufeinanderfolge der Büschel nicht erforderlich ist, so hat man sich damit begnügt, die breiten Büschel mit Zwischenräumen in einer Linie aneinander zu reihen. Durch die Bewegung des Pflanzspatens, welche nicht allein nach vorn und rückwärts, sondern unwillkürlich auch nach rechts und links geschieht, werden ohnehin die Löcher breiter, als der Pflanzspaten

selbst ist. Ein 16 cm breiter Pflanzspaten liefert ungefähr 20 cm breite Spaltlöcher. Auf diese Breite werden im Durchschnitt 5 Pflanzen verteilt. Dieselben stehen dann ungefähr 5 cm von einander entfernt. Bleibt nun ein Zwischenraum von 10 cm zwischen den Pflanzlöchern, d. h. werden dieselben auf 30 cm Entfernung von Mitte zu Mitte gesetzt, so überdecken sich die Pflanzenhalme der einzelnen Büschel so vollständig, dass eine durchlaufende Reihe entsteht. Abb. 243 zeigt nach diesem Verfahren die Bildung der Reihen aus den einzelnen Büscheln und Abb. 244 das Pflanzen der Reihen selbst.

In geschützteren Lagen, welche den Winden weniger ausgesetzt sind, kann man die Zwischenräume auf 20, die Entfernung der Büschel in den Reihen auf 40 cm erweitern. Eine grössere Entfernung ist aber nicht zu empfehlen. Es entsteht dann nämlich die Gefahr, dass Lücken zwischen den Büscheln in diagonaler Richtung sich über die Düne erstrecken, durch welche die Winde streichen und Auswehungen des Sandes hervorrufen.

Die Richtung der Reihen ist, wenn angängig, senkrecht gegen die herrschende Windrichtung zu wählen. Nur in den Vordünen werden sie stets nach der Längsrichtung derselben gezogen. Die Zahl der Pflanzlöcher auf 10 m Länge beträgt bei 30 bis 40 cm Entfernung der Büschel $33^{1}/_{3}$ bis 25. Es ergiebt sich hieraus, wenn durchschnittlich fünf Pflanzen auf ein Pflanzloch gerechnet werden, dass bei 30 cm weiter Stellung 167, bei 35 cm 143, und bei 40 cm 125 Pflanzen auf 10 m Länge erforderlich sind, oder mit Anrechnung von ungefähr 5% Verlust in runden Zahlen: 175 bezw. 150 bezw. 130 Stück Pflanzen auf 10 m Reihenlänge.

§ 15.

Netzpflanzung mit Ausbüschelung. Wie die Reihenpflanzung ist auch die Netzpflanzung eine Erfindung von Krause. Er erkannte sehr richtig (S. 49 seines Werkes), „dass es notwendig sei, die bewegliche Oberfläche der Düne nicht allein gegen den vorherrschenden Wind, sondern gegen alle Winde zu decken“. Er hat daher „die ganze zu befestigende Fläche mit einem Netz überzogen, welches aus Sandgräsern, in Reihen gepflanzt, gebildet, und dessen Felder mit büschelweise gepflanzten Sandgräsern ausgefüllt wurden“.

Das Netz deckt zwar gegen alle Winde, doch ist, wenn irgend angängig, die herrschende Windrichtung für die Lage der Netze zu berücksichtigen. Werden nämlich die Längsreihen des Netzes senkrecht gegen die herrschende Windrichtung gestellt, so trifft diese das Quadrat in der kürzesten Entfernung von einer Seite zur gegenüber-



Abb. 244. Arbeiterinnen beim Sandgraspflanzen in Mellneraggen. (Aufnahme des Verfassers 1899).

liegenden und hat darum am wenigsten Gelegenheit, den Sand innerhalb des Quadrates aufzuwühlen. Steht das Quadrat schräg gegen die herrschende Windrichtung, so trifft diese Richtung eine der Diagonalen sich nähernde Linie, und der Wind wird dann mehr Schaden anrichten.

Aus diesem Grunde hatte schon Krause die Vorsicht getroffen, die Hauptreihen der Quadrate lotrecht gegen den herrschenden Wind anzuordnen. Die zweite Reihe brachte er, wie Abb. 245 zeigt, in abwechselnder Folge lotrecht dagegen an. In die so entstandenen Felder wurden die Büschel gepflanzt. Diese Bauart ist noch heut in der früheren III. Sektion der westpreussischen Dünen gebräuchlich. Im allgemeinen ist sie aber verlassen worden. Das Abstecken der kurzen,

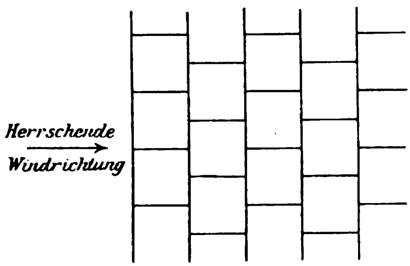


Abb. 245. Netzpflanzung für Vordünen nach Krause.

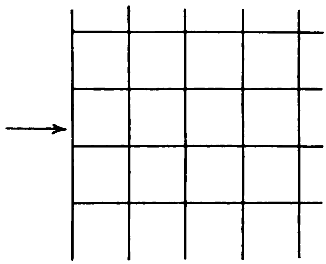


Abb. 246. Gegenwärtig gebräuchliche Netzpflanzung.

in Versatz gestellten Querreihen ist schwieriger als das Abstecken durchgehender Querreihen. Der Erfolg ist in beiden Fällen derselbe. Es werden daher gegenwärtig die Quadrate meist nach Abb. 246 angelegt. Dieselbe Anordnung hatte übrigens Krause auch bei den Festlegungen von Binnendünen schon selbst getroffen. (vgl Abb. 209, S. 297).

Krause stellte den Grundsatz auf (S. 49 s. Werkes): „je dichter das Netz gezogen, je dichter die Büschelpflanzung darin angebracht wird, desto mehr Dauer und desto grössere Erfolge sind damit zu erreichen". Nach diesem Grundsatz bildete er fünf Klassen von Sandgraspflanzungen (s. S. 64 seines Werkes), und benutzte dieselben je nach der Gefährdung, welcher die zu befestigende Dünenfläche durch ihre Neigung oder ihre Lage gegen die herrschende Windrichtung ausgesetzt ist.

I. Klasse. Die weiteste Pflanzung: eine reine Büschelpflanzung ohne Netz; die Büschel in grösster Entfernung von 2½ Fuss = 0,78 m.

II. Klasse. Weite Pflanzung: Netzpflanzung von 12 bis 18 Fuss = 3,77 bis 5,65 m mit 2½füssiger (0,78 m) Ausbüschelung.

III. Klasse. Gemischte Pflanzung: eine Netzpflanzung von 9 bis 12 Fuss = 2,83 bis 3,77 m Grösse mit teils 2füssiger (0,63 m), teils $2^1/_2$füssiger (0,78 m) Ausbüschelung.

IV. Klasse. Dichte Pflanzung: eine engere Netzpflanzung von 6 bis 9 Fuss = 1,88 bis 2,83 m, vorzugsweise mit Ausbüschelung von 1 Fuss 9 Zoll = 0,55 m, doch abnehmend bis $2^1/_2$ Fuss = 0,78 m.

V. Klasse. Dichteste Pflanzung: die engste Anordnung der Netze mit 4 bis 6 Fuss (1,26 bis 1,88 m) Entfernung und $1^1/_2$ bis $1^3/_4$ Fuss = 0,47 bis 0,55 m weiter Ausbüschelung.

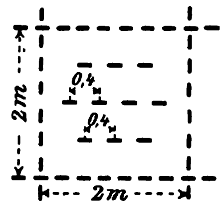


Abb. 247.

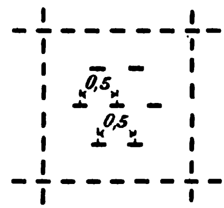


Abb. 248.

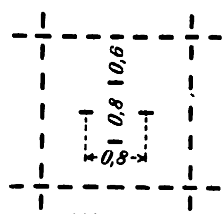


Abb. 249.

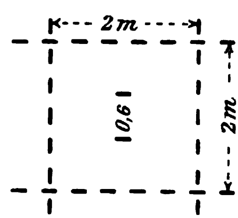


Abb. 250.

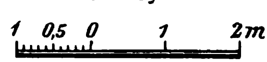


Abb. 247-250. Netzpflanzungen von 2 m Grösse mit Ausbüschelungen.

Aus dieser Teilung ergab sich bei Krause eine mitunter recht verwickelte Anordnung der Befestigung von Dünenflächen durch Sandgras. Als Beispiel wird auf die Abb. 209 S. 297 verwiesen. Man trifft diese Bauweise noch heut vereinzelt auf den Plätzen der früheren Krause-schen Thätigkeit; im übrigen hat man diese Teilung verlassen. Der häufige Wechsel in der Grösse der Quadrate erschwert das Abstecken und die Ausführung.

Man begnügt sich jetzt damit, die Dünen mit gleich grossen Netzen zu überziehen, und diese mehr oder weniger zahlreich auszubüscheln. Im Bezirk Süderspitze z. B. baut man Netze von 2 m Grösse mit 8 Büscheln, im Bezirk Rossitten Netze von 1,2 m Grösse mit 5 Büscheln, in Hinterpommern Netze von 2 m Grösse mit 5 Büscheln und dergl. mehr. Nach den hierbei gemachten Beobachtungen darf behauptet werden, dass eine Netzpflanzung von 2 m Grösse überall genügt. Nur die Dichtigkeit der Reihen und die Zahl der Büschel müssen dem Bedürfnis entsprechend veränderlich sein. Durch die einheitliche Netzteilung wird die Ausführung der Pflanzung sehr erleichtert. Von der Stärke des Windangriffes, welchem die Fläche ausgesetzt ist, muss die Entfernung der Büschel in den Reihen und die Zahl der Büschel in den Netzen abhängig gemacht werden. Es ergeben sich dann die Abb. 247 bis 250 als Anhalt für die Anordnung

der Reihen und der Büschel. Die Längsreihen, welche zuerst gepflanzt werden, müssen senkrecht gegen die herrschende Windrichtung stehen, oder bei Vordünen in der Längsrichtung derselben. Die Querreihen werden demnächst zwischen die Längsreihen eingeschaltet.

Die Zahl und Entfernung der Büschel in den Reihen wird am einfachsten ohne Benutzung eines Messtockes nach der Netzteilung selbst bestimmt und zwar derartig, dass entweder 7 oder 6 oder 5 Büschel auf 2 m Entfernung gesetzt werden. Dann haben die Büschel von Mitte zu Mitte 0,286 bezw. 0,333 bezw. 0,4 m Entfernung unter einander. Diese Entfernung ist für die Längsreihen erforderlich. Für die Querreihen genügt es, nur 6 oder 5 Büschel auf 2 m Länge zwischen die Längsreihen zu setzen; denn ein Teil des Querreihenraumes ist von den durchgehenden Längsreihen schon in Anspruch genommen.

Die Stellung der Büschel in den Netzen entspricht am besten der Richtung der Längsreihen. Eine Stellung nach den Diagonalen des Quadrats hat nach den Beobachtungen im Rossittener Bezirk keine besonderen Vorteile ergeben. Noch weniger empfehlenswert ist die Anordnung nach den Querreihen, wie sie in einigen westpreussischen Bezirken noch jetzt üblich ist: denn da die Längsreihen für die Anhägerung des Sandes wichtiger und wirkungsvoller sind als die Querreihen, so müssen auch die Büschel, um ihre Wirkung möglichst zu steigern, nach der Führung der Längsreihen angeordnet werden.

Die Verteilung der Büschel in den Netzen geschah von Krause mit peinlicher Sorgfalt. Ein Stab mit seitlich vorstehenden Dornen musste wie ein Stangenzirkel von dem Arbeiter benutzt werden, um von zwei Büscheln aus die Stellung des dritten als Durchschnittspunkt zweier Kreisbögen zu ermitteln. Noch heut lässt ein Vorarbeiter in den Dünen bei Steegen, welcher in jüngeren Jahren unter Krause thätig war, in dieser Weise die Büschel abzirkeln. Eine derartige Sorgfalt ist nicht nötig; sie ist sogar mehr schädlich als nützlich. Sie verursacht einen unnötigen Zeitaufenthalt und eine dem Bedürfnis nicht entsprechende regelmässige Verteilung der Büschel in den Netzen.

Diese Verteilung hat sich nach der Gefährdung des Sandes in den Netzfeldern zu richten Es kommt vor allem darauf an, die Mitten der Felder zu decken; die Ränder werden schon durch die Längs- und Querreihen teilweise geschützt, denn diese decken ihre nächste Umgebung. Sonach dürfen die Büschel von den Rändern weiter entfernt sein als in der Mitte unter einander. Je nach dem Bedürfnis der Deckung empfiehlt es sich, 10, 7, 4 oder 2 Büschel in den 4 qm grossen Netzen nach Abb. 247 bis 250 anzuordnen. Zehn Büschel stehen in drei Reihen von 0,5 m Entfernung mit 0,4 m Abstand,

sieben Büschel gleichfalls in drei Reihen mit 0,5 m Entfernung jedoch 0,5 m Abstand, vier Büschel im Viereck von 0,8 m Diagonalgrösse und zwei Büschel in der Mitte mit 0,6 m Entfernung.

Wie hiernach bei 2 m grossen Netzen durch eine mehr oder weniger dichte Pflanzung in den Reihen und durch eine grössere oder geringere Zahl von Büscheln in den Netzen dem Bedürfnis der stärkeren oder schwächeren Deckung genügt werden kann, zeigen die Abb. 247 bis 250. In Abb. 247 stehen auf 2 m Länge sieben Büschel in den Längs- und sechs in den Querreihen bei zehnfacher Ausbüschelung. In Abb. 248 sind sechs Büschel in den Längs- und sechs in den Querreihen mit siebenfacher Ausbüschelung angeordnet. Abb. 249 zeigt sechs Büschel in den Längs- und fünf in den Querreihen bei vierfacher Ausbüschelung und Abb. 250 fünf Büschel in den Längs- und fünf Büschel in den Querreihen bei zweifacher Ausbüschelung.

§ 16.

Zeit für die Pflanzung des Sandgrases. Durch langjährige Erfahrungen hat sich die Hauptregel ausgebildet: das Sandgras nur dann zu pflanzen, wenn das Leben in demselben gestorben ist. Dies ist der Fall in der Zeit von Mitte September bis Mitte Mai. Die Pflanzung im Sommer ist bei der Trockenheit des Sandes und der geringen Standfähigkeit der Pflanzlöcher schwieriger und kostspieliger auszuführen, sie hat auch zufolge des Mangels an Feuchtigkeit weniger sicheren Erfolg. Die Zeit von September bis Mai enthält den Winter; da man dann bei Schnee und Eis nicht pflanzen kann, so ergeben sich zwei Pflanzzeiten für das Sandgras: der Herbst von Mitte September bis zum Einbruch des Winters, und das Frühjahr vom Ende des Winters bis Mitte Mai ausnahmweise bis Anfang Juni.

Das erwachende Leben zeigt sich in den Sandgräsern durch Grünfärben der vorher strohgelb gebleichten Blätter und besonders durch ein Anschwellen der Wurzelsprossen. Sobald diese Zeichen auftreten, empfiehlt es sich, das Pflanzen einzustellen.

Diese Vorschrift hat sich seit Jahren gut bewährt. Es ist jedoch nicht erforderlich, sie mit übergrosser Aengstlichkeit festzuhalten. Man kann unter Umständen auch in den Sommer hinein pflanzen lassen: sobald nämlich der Sommer feucht genug ist, um die Herstellung der Pflanzlöcher in dem Dünensande zuzulassen und das Anwachsen der Pflanzen zu ermöglichen. Wenn dann nicht unmittelbar nach dem Pflanzen anhaltend grosse Hitze eintritt, werden die Gräser gedeihen.

Die Frühjahrspflanzung verdient den Vorzug vor der Herbstpflanzung. Es kann dann während des Sommers das Sandgras Zeit

genug finden, um anzuwachsen, und die Festlegung des Dünensandes ist bei Beginn der Herbst- und Winterstürme erfolgreich vorgeschritten. Leider wird die Frühjahrspflanzung in der Regel durch zwei Umstände verhindert: einmal dadurch, dass die Anhägerung, welche durch das Sandgras festgelegt werden soll, oft erst im Laufe des Sommers als Folge der im Frühjahr gesetzten Fangzäune sich ausbildet, und sodann durch den Umstand, dass die erforderlichen Arbeitskräfte schwer zu beschaffen sind. Ueberall da, wo die Kulturen der Binnen- und der Vordünen von denselben Beamten geleitet werden, werden auch dieselben Arbeiter für beide Thätigkeiten verwendet. Da nun das Pflanzen der Kiefern und die übrigen forstlichen Arbeiten in den Binnendünen während des Frühjahrs unausbleiblich geschehen müssen, so stehen die Arbeiter für die Sandgraspflanzungen in dieser Zeit nicht zur Verfügung. Die Beschaffung anderer Arbeiter aber ist in den Dünengebieten gewöhnlich sehr schwer. So kommt es, dass die Sandgraspflanzungen in den meisten Dünenbezirken auf den Herbst verschoben werden, und dass die Herbstpflanzung so ausschliesslich herrscht, dass manche Dünenunterbeamte meinen, diese Zeit sei allein zulässig. Sehr mit Unrecht! Die Entwickelung des Sandgrases und die Ausbildung der Vordünen leiden, wenn nicht auch das Frühjahr für die Herstellung der Fangzäune sowohl wie der Sandgraspflanzung nach Möglichkeit ausgenutzt wird.

Da, wo die Kultur der Vordünen nicht durch forstliche Interessen behindert wird, kommt für das Sandgras auch die Frühjahrspflanzung zur Anwendung. Auf den ostfriesischen Inseln ist es gebräuchlich, die erste Pflanzung schon im März vorzunehmen. Die dann folgende starke Versandung führt gewöhnlich dazu, dass im April oder Mai eine zweite Pflanzung ausführbar ist. Je nach den weiteren Fortschritten der Versandung kann demnächst mitunter schon nach acht Tagen, oft erst nach sechs Wochen eine dritte Sandgraspflanzung folgen. Gemeinhin geschieht diese dritte Sandgraspflanzung im Monat Juni oder Juli. Sie ist allerdings wegen des vorgeschrittenen Sommers nicht mehr ganz zuverlässig. Doch ist ersichtlich, dass durch eine solche wiederholte Pflanzung des Sandgrases in einem Frühjahr man den Vorteil gewinnt, dass die Vordüne sich schnell über die Höhe der gewöhnlichen Hochflut erhebt.

§ 17.

Werben des Sandgrases. Sandgrasbunde. Das Gewinnen der für die Sandgraspflanzung erforderlichen Gräser muss möglichst kurz vor ihrer Verwendung geschehen. Es kann auf zwei Arten erfolgen: durch Ziehen der Pflanzen oder durch Stechen derselben. Beim



Abb. 251. Werben des Sandgrases auf der kurischen Nehrung. (Aufn. d. Verf. 1899.)

Ziehen muss die Pflanze recht tief gefasst und lotrecht mit kräftigem Ruck gehoben werden. Es reisst dann der tiefere, festsitzende, aber weniger haltbare Wurzelteil ab, bleibt im Boden stecken, und eine Wurzel mit in der Regel zwei Knoten haftet am Steckling. Wird das Sandgras zu hoch gefasst, oder wird schräg gezogen, so reisst es ohne Wurzel ab und ist dann untauglich zur Pflanzung. Andererseits bei zu tiefem Fassen des Sandgrases wird mitunter ein übermässig langes Stück der Wurzel abgerissen; dasselbe hat für die Verwendung als Pflänzling keinen Vorteil; aber sein Herauszerren hat zur Folge, dass der im Boden bleibende Teil der Wurzel zu tief liegt und nicht mehr nach oben neu ausschlagen kann. Diese Möglichkeit muss aber beim Gewinnen des Sandgrases zur Erhaltung der vorhandenen Grasbestände ausnahmslos gewahrt werden.

All diese Unregelmässigkeiten haben dazu geführt, die Sandgrasgewinnung durch Ziehen trotz des Vorzuges der Wohlfeilheit aufzugeben und das Stechen einzuführen. Bei diesem Verfahren wird das Sandgras in der erforderlichen Länge geschnitten. Die im Boden bleibenden Wurzeln liegen flach und können von neuem Halme treiben. Es leidet daher die Befestigung der Dünenfläche viel weniger, das Auswehen des Sandes zu kahlen Stellen ist nicht zu befürchten, die Wurzellänge der Pflänzlinge genügt dem Bedürfnis. Beim Stechen wird mit einem scharfen, zugespitzten Breitspaten schräg und kräftig möglichst tief gegen die Wurzel des Sandgrases gestossen und gleichzeitig von einem anderen Arbeiter, u. a. auch von demselben Arbeiter das sich loslösende Sandgras aufgenommen und gesammelt. (S. Abb. 251).

Je jünger die Pflanze ist, desto besser eignet sie sich zur Verwendung. Pflanzen, deren Wurzeln bereits eine bastartige Schale umgeben, sind unbrauchbar. Solche Pflanzen deuten ein hohes Alter an. Sie finden sich indes auch in ganz jungen Pflanzen in sogenannten Geilbüschen, d. h. auf Stellen, wo die Pflanzen in üppiger Vegetation sich horstartig entwickeln. An solchen Stellen drängen sich die Wurzeln, gehen leicht in Fäulnis über, erhalten die Bastschale und verderben gänzlich. Es ist daher zweckmässig, derartige Geilbüsche zu ziehen und sie dadurch zu lichten.

Die Sandgraspflanzen werden zu Bunden vereinigt und danach gezählt. Krause liess die Bunde derartig herstellen, dass sie einen Durchmesser von 5 Zoll oder 13 cm erhielten, d. i. 41 cm Umfang, so dass die Prüfung der Stärke durch zwei Männerhände geschehen konnte. Jedes Bund enthielt dann ungefähr 60 bis 100 Pflanzen. In Ostpreussen werden die Bunde 16 bis 18 cm stark gefertigt; dies entspricht durchschnittlich 53 cm Umfang. Jedes Bund enthält dann nach ausgeführten Zählungen 100 bis 200 auch 250 Pflanzen. Die

Bunde werden durch Bindeweiden, welche im Dünengebiet meist in reicher Menge vorhanden sind, zusammengehalten. Die Zahl der Pflanzen in den Bunden ist von der Stärke derselben, und diese wiederum von der Jahreszeit abhängig. Im Frühjahr enthalten die Bunde mehr, im Herbst weniger Pflanzen. Denn im Frühjahr sind die Pflanzen trocken und stehen vereinzelt, während sie im Herbst frisch und kräftig sind. Dieser Umstand wird ausgeglichen durch das Bedürfnis nach Pflanzen. Von den trockenen Frühjahrspflanzen ist eine grössere Zahl erforderlich als von den kräftigen Herbstpflanzen.

Die Wurzeln der ausgehobenen Pflanzen sind sehr empfindlich gegen den Einfluss der Luft, besonders gegen den Sonnenschein. Durch ein zu schnelles Austrocknen würden die Pflanzen verdorben werden. Es müssen daher die Bunde sofort nach ihrer Herstellung „eingeschlagen" werden. Sie werden dazu lotrecht, aber möglichst dicht um ein Mittelbund aufgestellt, sodass sie wie Garben sich gegenseitig stützen. Um den ersten Kreis schliessen sich die Bunde in weiteren Kreisen. Die Wurzeln des äussersten Ringes werden mit einer dichten Sandlage überschüttet. Besser noch ist das Einschlagen der Bunde reihenweise und in flachen Lagen in den Dünensand. Zu dem Ende wird eine niedrige Rinne von dreieckigem Querschnitt ausgehoben, und in diese ein Bund neben das andere mit dem Wurzelende nach unten eingelegt. Eine zweite Rinne wird neben der ersten ausgeworfen, und mit dem gewonnenen Sande die Wurzeln der ersten Bundreihe bedeckt. Es wird demnächst die zweite Bundreihe so verlegt, dass sie zur Hälfte die erste überlagert. In dieser Weise wird fortgefahren, bis der ganze Vorrat eingesandet und eingeschlagen ist. Die letzte Reihe muss möglichst tief eingelassen und stark überdeckt werden. Durch eine derartige Einsandung ist es möglich, Pflanzen vom Herbst bis zum folgenden Frühjahr aufzubewahren. Dies ist mitunter dann erforderlich, wenn eine Herbstpflanzung plötzlich durch Frost unterbrochen wurde.

Bei der Beförderung der Pflanzen ist sorgfältig darauf zu achten, dass die Wurzelenden der Pflanzenbunde nicht der Luft oder dem Sonnenschein preisgegeben werden. Es müssen die Bunde in den Wagen oder den Böten schräg verpackt, und an der Verwendungsstelle sofort von neuem eingeschlagen werden.

§ 18.

Abstecken der Reihen. Die Reihen werden häufig nach der Schnur abgesteckt. Die Schnur wird von zwei Arbeitern gehalten und mit den Endpflöcken in dem Boden befestigt. Alsdann scharren die Arbeiter, von beiden Seiten einander entgegengehend, mit den

Füssen längs der Schnur in den Sand. Das hierdurch entstehende schwache, etwas breite Zeichen genügt, um das Sandgras genau genug zu pflanzen.

Krause benutzte zur Herstellung der Reihen ein von ihm Ziehscheibe genanntes Gerät. Dasselbe bestand aus einem 6 Fuss d. s. 1,88 m langem 2,5 cm starkem runden Messstabe, welcher an einem Ende mit einer runden Scheibe von 15 cm Durchmesser und 2,5 cm Breite versehen war. Diese Scheibe war durch ein übergelegtes Bandeisen gegen Abnutzung gesichert und gleichzeitig durch dasselbe mit dem Schaft verbunden. Zum Abstecken der Reihen wurde die Scheibe schräg gegen den Sand gestellt und vorwärts geschoben. Sie zeichnete dann eine Rille in den Sand.

Das Gerät ist jetzt aus der Uebung gekommen. Verfasser hat es an den deutschen Küsten nur noch an einer Stelle in Benutzung gefunden, nämlich an einer Arbeitsstelle in der früheren zweiten Dünensektion Westpreussens von Arbeitern, welche früher unter Krause thätig waren. Es lässt sich im lockeren, trockenen Sande leicht und gut gebrauchen. Sobald aber der Sand, sei es durch Grundwasser oder durch Regenwasser, nur wenig feucht geworden ist, gleitet die leichte Scheibe flach über ihn hinweg und hinterlässt keine Spur. Man muss dann sehr stark mit dem Stabe auf den Boden drücken, um ein Zeichen zu erhalten. Dadurch aber verliert man die Aufmerksamkeit auf das Ziel und verlässt die gerade Linie.

Verfasser hat daher das Gerät nach Abb. 252 bis 257 verbessert. Dasselbe ist in dieser Form in den ostpreussischen Dünen eingeführt und hat sich dort gut bewährt. An die Stelle der leichten hölzernen nur mit Bandeisen beschlagenen Scheibe ist eine eiserne Platte von 2 mm Stärke getreten (s. die Seitenansicht Abb. 253). Diese ruht schwer genug auf dem Sande, um dem Arbeiter das Niederdrücken der Spitze zu ersparen. Er kann daher seine ganze Aufmerksamkeit auf das Ziel richten zum Vorteil der Linienführung. Senkrecht gegen die Platte werden auf beiden Seiten kleine Führungseisen von 2 mm Stärke angenietet. Dieselben haben die in den Abb. 256 u. 257 dargestellte abgewickelte Form, und werden nach Abb. 254 u. 255 derartig auf die Platte aufgenietet, dass bei schräger Stellung des Stabes nur Ein Eisen zur Wirkung kommt. Das Ganze wird mittels aufgenieteter Ringe oder Hülsen mit einem runden in Dezimeter eingeteilten Stabe verbunden, welcher so lang ist, dass die Entfernung von der Spitze der Eisenplatte bis zum Ende des Stabes genau 2 m misst (Abb. 252). So dient der Reihenzieher gleichzeitig als Maassstab.

Die trapezförmige Seitenleiste (Abb. 254 u. 256) ist an der schmalen 1 cm breiten Vorderseite messerartig geschärft. Hier schneidet

dieselbe 1 bis 2 cm tief in den Sand ein, hebt den Boden empor und wirft ihn seitwärts neben die ausgehobene Rinne. Es wirkt daher diese Seitenleiste wie ein Pflug. Sie arbeitet vorzüglich im feuchten oder nassen Sande. Sobald aber der Sand zu trocken ist, dringt der Pflug zu tief in den Boden ein und fährt sich dann fest. In diesem Falle bringt man nach kurzer Drehung des Stabes die andere gleichförmig

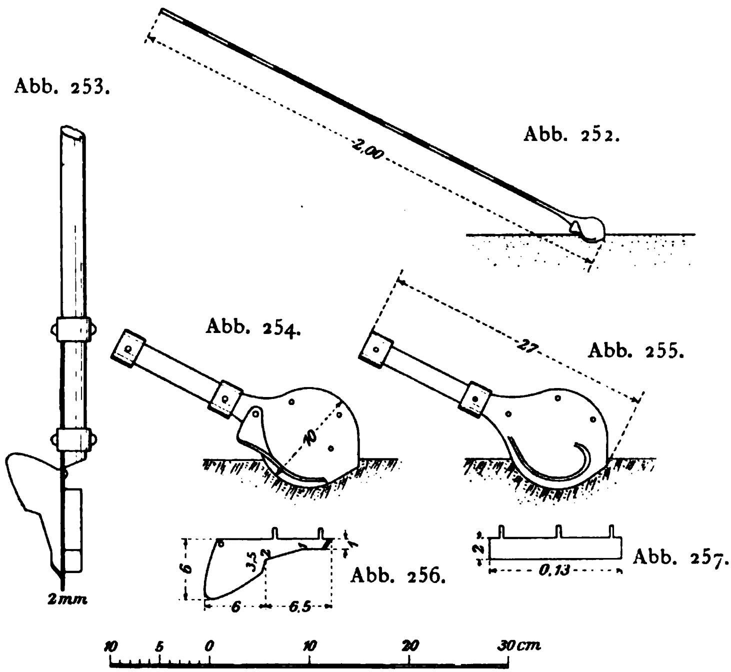


Abb. 252—257. Reihenzieher von Gerhardt.

252: Ansicht in Gebrauchslage. 253: Seitenansicht des unteren Teiles, links der Pflug für nassen Sand, rechts das Gleiteisen für trockenen Sand. 254: Die Scheibe in Gebrauchsstellung auf nassem Sande. 255: Desgl. auf trockenem Sande. 256: Abwickelungsfläche des Pfluges. 257: Abwickelungsfläche des Gleiteisens.

2 cm breite Führungsleiste zur Wirkung. Diese Seite wirkt anders als der Pflug. Sie hebt den Sand nicht heraus, sondern drückt ihn nieder. Sie gleitet glatt über den Boden fort und hinterlässt durch ihr Gewicht in dem lockeren Sande eine genügend tiefe Spur. Sie wirkt daher ähnlich wie die Ziehscheibe von Krause; nur ist ihre Anwendung dadurch bequemer, dass zufolge des Gewichts der Eisenscheibe das Niederdrücken erspart wird, und dass der vorstehende Rand der 2 mm starken lotrecht stehenden Scheibe eine Führung und gleichzeitig eine

gute Marke giebt. Die beiden Seiten behindern sich in ihrer Wirkung nicht; denn während die eine Seite benutzt wird, befindet sich die Leiste der anderen Seite so hoch über der Oberfläche, dass sie ohne Spur zu hinterlassen über den Sand hinwegstreicht.

Die Benutzung des Gerätes ist durch diese Zweiseitigkeit nicht erschwert sondern erleichtert. Denn in den Reihen wechselt fast stets die Beschaffenheit des Sandes. Besonders ist dies der Fall beim Abstecken der Vordünenreihen. Lockere Anhägerungen und dichte feste Lagerungen folgen einander mitunter in kurzen Entfernungen von 10 bis 20 m. Die passende Seite des Gerätes ist aber durch eine halbe Drehung des Schaftes sofort zur Hand.

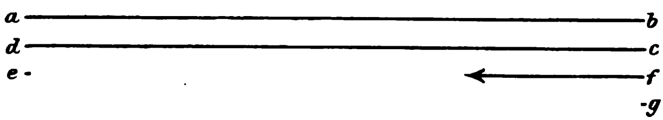


Abb. 258. Anwendung des Reihenziehers.

Das Abstecken der Reihen selbst geschieht mit Hilfe von zwei 1 bis 2 m langen Stäben durch den Vorarbeiter allein ohne eine andere Hilfskraft. Sollen die gleichlaufenden Linien z. B. in 2 m Abstand im Anschluss an die Linie a b der Abb. 258 weiter abgesteckt werden, so stellt der Vorarbeiter den einen Stab bei c in 2 m Entfernung von b ein. Dann geht er nach a, misst von a bis d 2 m Entfernung mit Hilfe des Reihenziehers ab, macht bei d ein Zeichen in den Sand, und misst sogleich weiter von d nach e. Hier in e wird der zweite Stab eingesteckt. Dann stellt sich der Vorarbeiter in d auf, nimmt über den bei c stehenden ersten Stab hinweg einen beliebig gewählten Richtpunkt am Horizont ins Auge und geht, den Reihenzieher vorwärtsschiebend und den Stab c mit diesem Richtpunkt stets deckend im Auge haltend, gerade in der Richtung nach c vorwärts. Hier angelangt wird der erste Stab herausgezogen, mit dem Reihenzieher 2 m bis f gemessen, ein Zeichen in den Sand gemacht, sodann 2 m weiter bis g gemessen, und hier der Stab eingestellt. Dann begiebt sich der Vorarbeiter hinter das Zeichen bei f, nimmt genau über e am Horizont einen neuen Richtpunkt, und zeichnet mit dem Reihenzieher wie vorher die Linie d c nunmehr die Linie f e. In e wird wie früher bei a verfahren und so fort. Nur geringe Uebung gehört dazu, um durchaus gerade und befriedigende Linien zu erhalten.



Abb. 259. Wilde Seedüne bei Karkelbeck nördlich von Memel. (Aufn. d. Verf. 1898).

E. Bau der Vordünen.

§ 19.

Erste Arbeit zur Festlegung verwilderter Küsten. Durch Reiseverhandlungen und Berichte aus früheren Jahrhunderten ist nachgewiesen, dass viele Küsten, welche jetzt in fester Linie durch Dünen begrenzt sind, früher so zerrissen waren, dass Einsenkungen von mannigfacher Breite und Tiefe mehr oder weniger weit in das Land hinein sich erstreckten, ja, dass die schmalen Nehrungen an manchen Stellen von Einrissen gänzlich durchzogen waren, über welche die See hin und her flutete. Eine Erläuterung hierfür giebt das Protokoll über die Bereisung der frischen Nehrung, welche im IV. Abschn. § 3 S. 283 mitgeteilt wurde. Den Zustand von Küstenstrecken, an welchen für die Ausbildung einer Vordüne nichts geschehen ist, zeigt Abb. 259. Es sind wilde, im Privatbesitz befindliche Seedünen bei Karkelbeck in der Nähe der russischen Grenze.

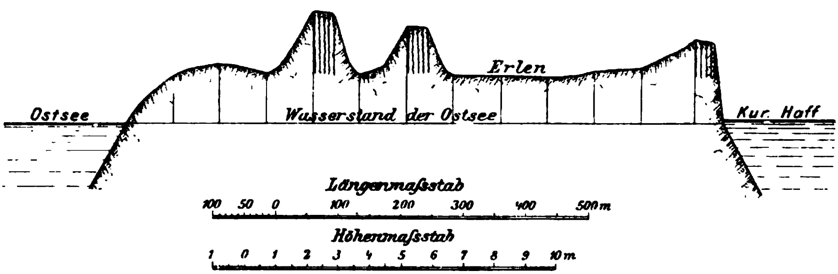


Abb. 260. Querschnitt durch die Nordspitze der kurischen Nehrung 1830.
Nach der Linie A B in Abb. 261 mit Angabe der Flechtzäune.

Wie in jener Reiseverhandlung ausgeführt ist, wurden die Durchrisse im 16. Jahrhundert mittels Zäunen geschlossen. Dasselbe Verfahren ist auch später beibehalten worden. Derartige Zäune dienten nicht allein zur Aufhebung der Durchströmung, sondern auch zur Erhöhung des Geländes selbst durch Aufsandung. Es waren meist Flechtzäune von 1 bis 2 m Höhe, welche nach dem Fortschreiten der Versandung noch höher geführt wurden. Um die Wirksamkeit zu unterstützen, wurden mehrere derartige Zäune hintereinander errichtet.

Ein interessantes Beispiel für diese Bauausführung giebt die in Abb. 261 mitgeteilte Karte über den Zustand der Nordspitze der kurischen Nehrung vom September 1830. Es ergiebt sich aus derselben, dass die Nehrung zu Anfang des 19. Jahrhunderts an mehreren Stellen bei Hochwasser von der See überströmt wurde. Die stärkste

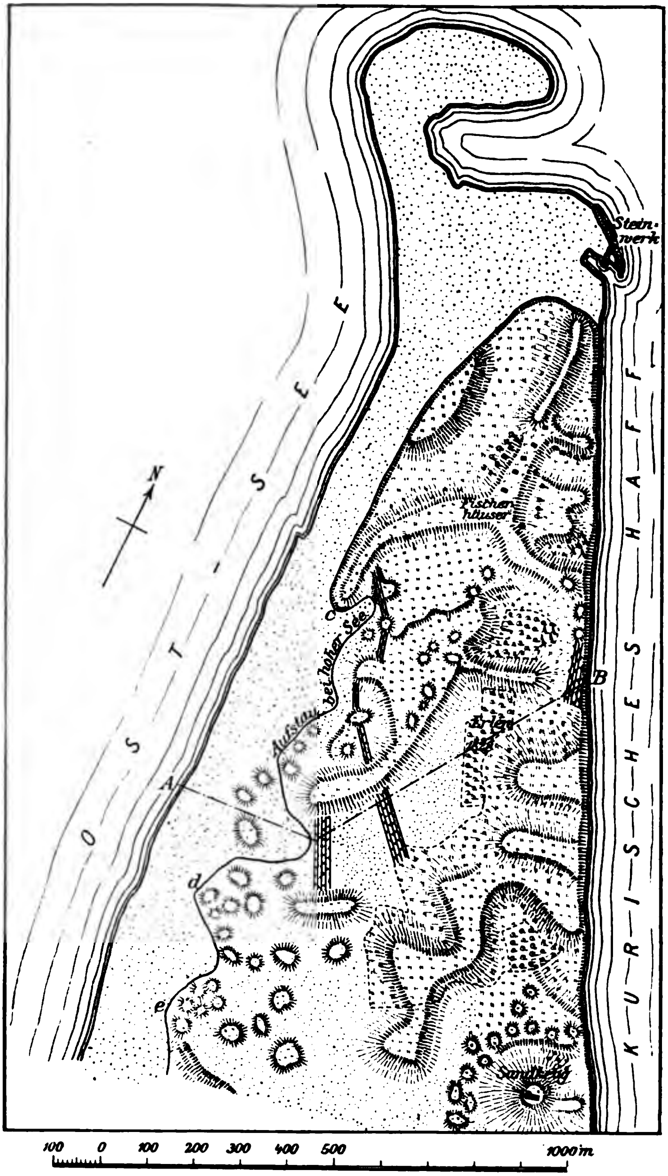


Abb. 261. Die Nordspitze der kurischen Nehrung.
Aufnahme vom September 1830.

Durchströmung hatte im Zuge der Linie A—B. stattgefunden. Vornehmlich geschah dies zufolge des Sturmes vom 3. November 1801. Nach den Akten der Hafenbauinspektion Memel*) wurde an diesem Tage „die curische Nehrung auf dem Süderhaken an drey verschiedenen Stellen durchbrochen und dadurch zum grössten Nachteil für den Memelschen Hafen eine Vereinigung des Haffes mit der See verursacht. Während den Jahren 1802/3 wurden diese Durchbrüche mittelst angelegter Sand-Fang-Zäunungen wieder geschlossen und, um für die Zukunft ähnliche Vorfälle zu verhüten, fand man es für zweckmässig. die auf dem Süderhaken liegende Dünenkette zu bepflanzen."

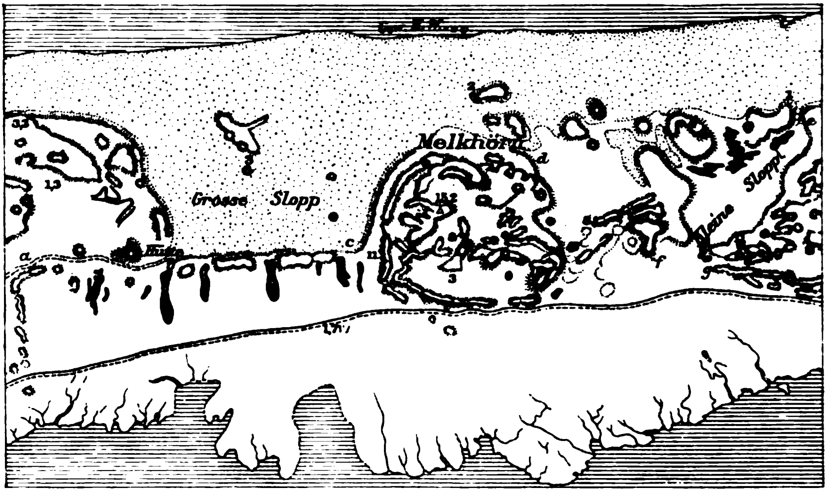


Abb. 262. Dünendurchbrüche auf Langeoog.

Die Flechtzäune wurden in drei- bis fünffachen Reihen 3 Fuss (0,94 m) hoch an den gefährdeten Stellen angelegt; auch später nach wiederholt vorgekommenen Schäden im Jahre 1815 durch den Hafenbauinspektor Veidt in gleicher Weise erneuert. Sie haben, wie der Querschnitt Abb. 260 von 1830 zeigt, so gut verlandet, dass sogar 1828 in der Durchbruchstelle die Anlage einer Erlenpflanzung möglich war (s. Abb. 261). Die Durchströmung bei Hochwasser war aufgehoben.

Nach dem Erfolg der Flechtzäune und der Verhinderung der Querströmungen wurde ausweislich später aufgenommener Karten im Jahre 1833 der Anfang zur Bildung einer künstlichen Vordüne gemacht. Es geschah dies durch Anlage von Strauchzäunen in gerader Verbindung

*) Acta betr. die Anlage der Sandfangzäune auf der Nehrungsspitze bei Memel behufs Erhöhung der Dünen, anno 1815. F. XIII, No. 3, Vol. 1.



Abb. 263. Dünendurchbruchstelle am grossen Slopp auf Langeoog. (Aufn. d. Verf. 1898.)

der Punkte c d e (Abb. 261). Jetzt ist die Vordüne so sehr entwickelt, die Sandgraspflanzungen auf derselben und die Kiefern- und Erlenpflanzungen der Nehrungsspitze sind so weit vorgeschritten, dass das Land sich ausserordentlich erhöht hat und gegen jede Durchflutung gesichert ist. Nur mit grösster Mühe kann man jetzt im Gelände die Linien erkennen, in deren Zuge vor achtzig und nahezu hundert Jahren die Flechtzäune und Sandfangzäune angelegt worden waren.

§ 20.

Dünendurchbrüche und Dammschüttungen. Dünendurchbrüche sind dann zu befürchten, wenn bei schlechter Unterhaltung der Dünen

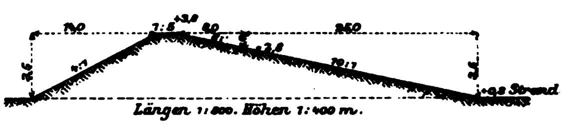


Abb. 264. Die Abdämmung des Dünendurchbruchs auf Juist.

ungewöhnlich heftige Sturmfluten auftreten. Der Durchbruch in den Dünen bei Karwenbruch am Westende von Hela, welcher nach dem Bericht des früheren Regierungsbaumeisters E. Kummer an die Regierung zu Danzig sich am 23. Februar 1882 vollzogen hatte, und durch

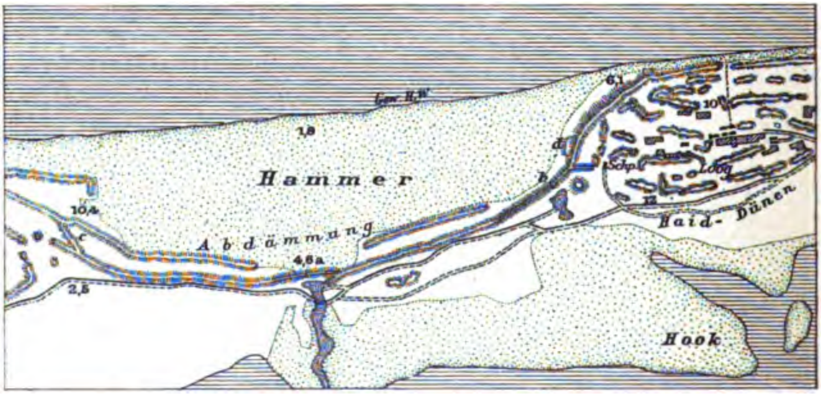


Abb. 265. Dünendurchbruch auf Juist.

welchen die Dünen so vollständig beseitigt worden waren, dass die niedrig belegenen Aecker und Wiesen des Dorfes gänzlich unter Wasser standen, war nur eine Folge der schlechten Unterhaltung der Vordünen

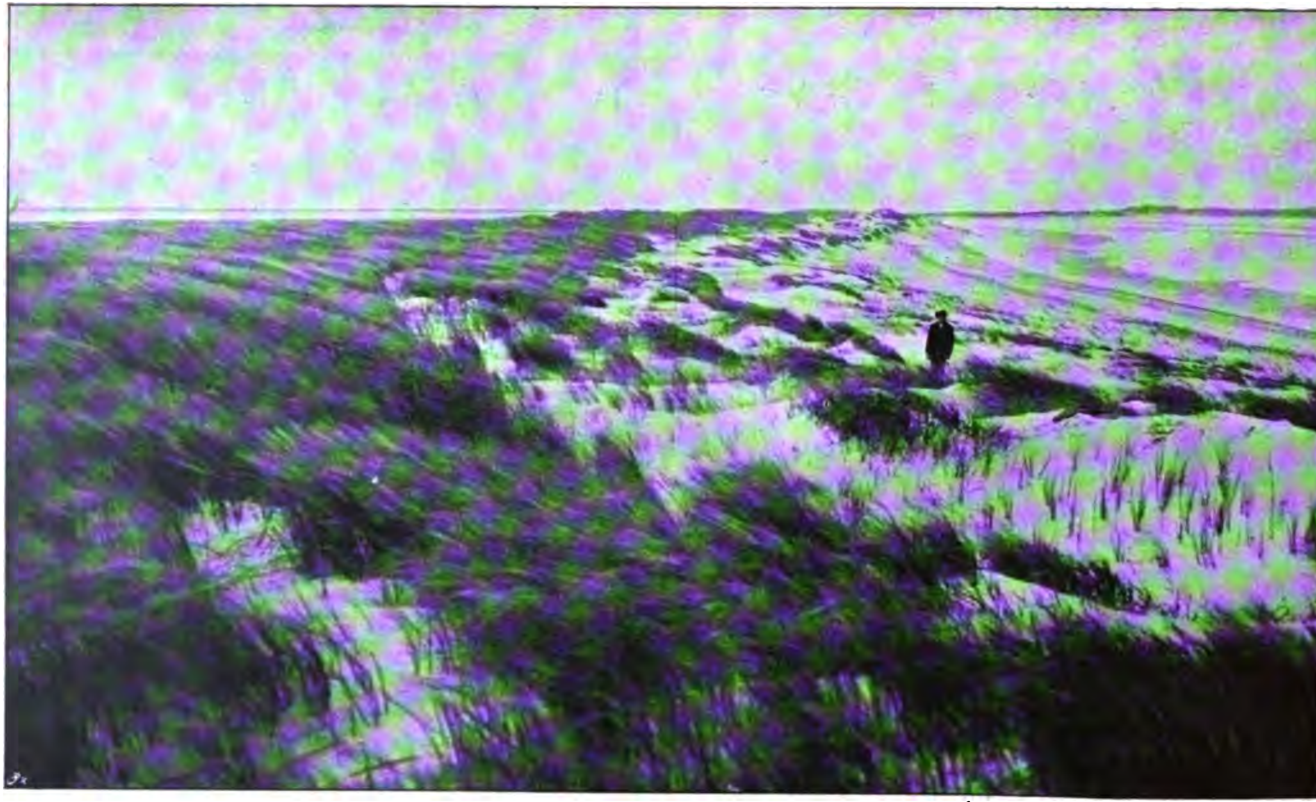


Abb. 266. Dünendurchbruchstelle auf Juist. (Aufnahme des Verfassers 1898).

seitens der hierzu verpflichteten Gemeinde. Der Durchbruch musste unter Zuhilfenahme von Staatsmitteln durch eine Dammschüttung geschlossen werden.

Auf den Düneninseln der Nordsee sind derartige Durchbrüche infolge von Sturmfluten mehrfach aufgetreten. Die Inseln Langeoog, Juist und Borkum zeigen noch heut die Spuren solcher Durchbrüche. Auf Langeoog haben die Durchbruchstellen die Bezeichnung Gr. Slopp und Kl. Slopp. Abb. 262, welche wie die Abb. 264, 265, 267 u. 268 der Zeitschrift für Bauwesen 1896 entnommen worden ist, zeigt ihre Lage bei bc und efg. Das Schaubild Abb. 263 giebt eine Vorstellung des Gr. Slopps nach dem Zustande vom August 1898 ungefähr von der Stelle b aus. Durch Pflanzung von Sandgras sind die Durchbruchstellen gehoben worden. Eine vollkommene Sicherung gegen die höchsten Wasserstände ist noch nicht erreicht.

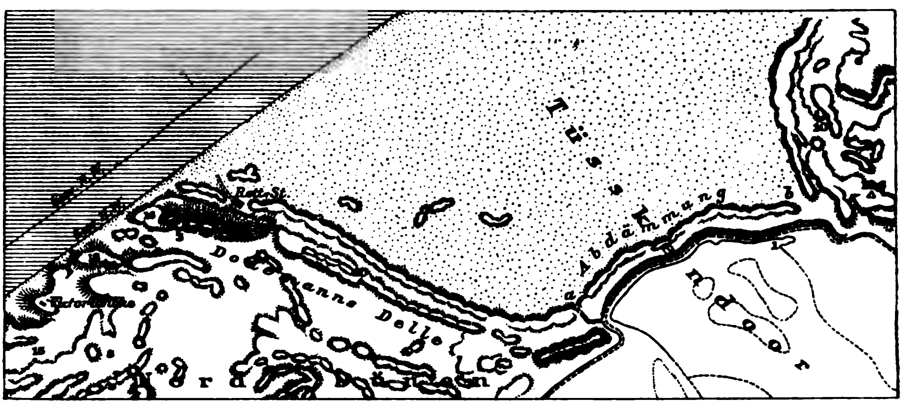


Abb. 267. Dünendurchbruch auf Borkum.

Auch auf der ostfriesischen Insel Juist hat durch Hochfluten eine vollständige Querströmung über die Insel mit Beseitigung der vorhandenen Dünen früher stattgefunden. Hier hat man nach den Abb. 264 u. 265 durch eine 3,5 m hohe Abdämmung, welche an der Aussenseite eine zehnfache, an der Binnenseite eine vierfache Anlage erhielt, weiteren Zerstörungen vorgebeugt. Die demnächst aufgebrachte Sandgraspflanzung hat später viel dazu beigetragen, die Abdämmung zu erhöhen, so dass gegenwärtig das ursprünglich angelegte Profil nur schwer erkennbar ist. Abb. 266 zeigt die Aussenböschung der Abdämmung im Zustande vom August 1898.

Auf Borkum befindet sich nordöstlich des Ortes im sogenannten Tüsskendoor eine Durchbruchstelle (s. Abb. 267). Dieselbe ist durch

eine Abdämmung geschlossen worden, welche demnächst zu dem Querschnitt Abb. 268 geführt hat.

Ueber den Dünendurchbruch an der Weichsel bei Neufähr,

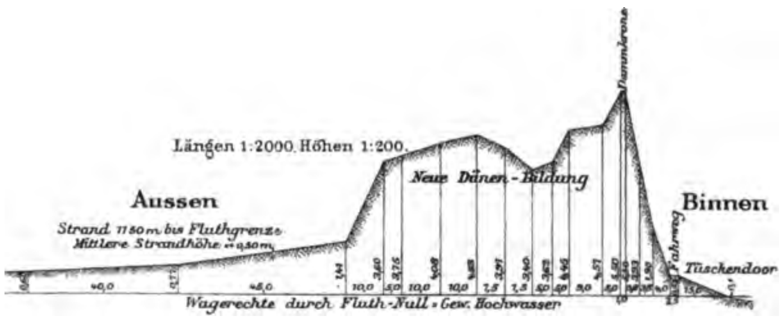


Abb. 268. Abdämmung des Dünendurchbruchs auf Borkum.

welcher 1840 durch Anschwellung des Binnenwassers entstanden war, wird auf die Ausführung im I. Abschnitt § 48, S. 106 verwiesen.

§ 21.

Festhalten des Sandes am Strande. Tracierung der Vordüne. Der wichtigste Schritt in der Dünenkultur war die Erkenntnis, dass der von der See kommende Sand auch längs der See festgehalten werden musste. Titius und Biörn hatten auf das Herkommen des Sandes hingewiesen, aber erst Hagen hatte die Vordünen sachkundig und planmässig ausgebildet. (Vergl. IV. Abschn. § 14, S. 298).

Bei der Anlage einer künstlichen Vordüne sind drei Umstände besonders zu beachten: einmal ist der Vordüne eine möglichst gleichmässige Linienführung im Grundriss zu geben; ferner muss sie eine genügende Entfernung von der See haben, und endlich muss sie eine möglichst geradlinige Begrenzung in der Höhe zeigen.

Die erste Bedingung ist geboten durch die zahlreichen Krümmungen, in welchen die Strandlinie verläuft, und die zahllosen Veränderungen, welche diese Krümmungen erleiden. Wollte man bei Anlage der Vordüne jedem Richtungswechsel der Strandlinie, jeder Ein- und Ausbuchtung ängstlich folgen, so würde ein Werk entstehen, welches sich nur mit der grössten Schwierigkeit würde erhalten lassen. Es ist darum für die künstliche Vordüne eine Linie zu wählen, welche der Strandrichtung nicht in kleinen Einzelheiten, sondern im grossen Zuge entspricht, welche von den zahllosen kleinen und grossen Unregelmässigkeiten in der Breite des Strandes gänzlich absieht. In grossen, glatten, geraden

Zügen und mit Krümmungen von möglichst grossem Halbmesser muss die Vordüne dem Gestade folgen. Man findet mitunter die Meinung, dass nach dem Beispiel der Flussläufe die Vordüne niemals in geraden, sondern nur in gekrümmten Linien gezogen werden müsste. Es ist dies nicht richtig. Der Hinweis auf das Serpentinieren der Flussläufe trifft an der See nicht zu. Schon Hagen (III. 2, S. 124) hatte seine Vordünen „in grossen geraden oder doch nur sehr sanft gekrümmten Linien bestimmt, die etwa einen zehn Ruten breiten Strand vor sich hatten und der allgemeinen Richtung desselben folgten. Sehr häufig war diese Linie durch vortretende Dünen unterbrochen, und hin und wieder geschah es sogar, dass einzelne Sandkuppen ganz isoliert zwischen ihr und dem Meere blieben.“ Die Krümmungen müssen einen so grossen Halbmesser annehmen, dass sie fast einer Geraden gleich kommen. Krümmungen von kleinem Halbmesser sind durchaus zu vermeiden, noch mehr aber der Wechsel von Krümmungen und Gegenkrümmungen mit kleinem Radius auf kurzen Strecken. Diejenige Vordüne, welche an der Ostsee im besten Zustande ist, und selbst die Winterstürme von 1898/99 ohne Schaden ertrug, liegt zwischen Memel und Schwarzort, und ist unter Leitung des Hafen-Bauinspektors Dempwolff 1873 auf Längen von mehreren Kilometern gerade angelegt worden.*)

Die Vordüne muss ferner in solcher Entfernung vom Wasserspiegel sich befinden, dass ihre Lage eine genügende Gewähr für den Bestand bietet. Sie darf nicht zu nahe der See liegen; sonst würde die Düne den Angriffen der Wellen zu sehr ausgesetzt sein, zu oft beschädigt werden und viel Unterhaltungskosten erfordern. Sie darf aber nicht zu weit von der See entfernt sein; es würden sonst Einrisse auf dem übermässig breiten Strande entstehen, und dadurch würde der Fuss der Vordüne und diese selbst gefährdet sein.

An der Ostsee, wo Ebbe und Flut fehlen, ist nach den Ausführungen im II. Abschn., § 3, S. 129 mindestens 40 m Strandbreite bei Mittelwasser nötig. Dies Maass ist als Mindestmaass bei Anlage der Vordüne einzuhalten. Ausserdem muss der Strand so hoch liegen, dass der höchte Wasserstand und sein Wellenschlag den Fuss der Vordüne

*) Noch erheblich längere, vollkommen gerade Strecken in den Vordünen findet man im Auslande. So sah Verf. im Bezirk Moutchic der Gascogne die Vordünen nicht kilometer-, sondern meilenlang in schnurgerader Linie. Und diese Vordünen waren im besten Zustande längs der ganzen biscayischen Küste. Andere Vordünen, welche südlich von Moutchic an derselben Küste, unter denselben Wind- und Strömungsverhältnissen standen, die aber nach dem Verlauf des Strandes in Krümmungen und Gegenkrümmungen geführt worden waren, befanden sich in viel schlechterem Zustande. Sie waren offenbar viel schwieriger zu unterhalten.

nicht erreichen. Bei genügender Breite pflegt sich der Strand von selbst bis zu dem erforderlichen Maass aufzuhöhen.

An der Nordsee muss der Strand mindestens so breit sein, dass gewöhnliches Hochwasser den Fuss der Vordünen nicht trifft. Besser noch ist nach den Ausführungen auf S. 129 eine so hohe Lage und so grosse Breite, dass auch die Sturmfluten den Fuss der Vordüne nicht erreichen können.

§ 22.

Höhenlinie der neuen Vordüne. Wie im Grundriss ist auch im Höhenriss eine gerade Linienführung für die Vordüne unerlässlich. Bei dem Grundriss ist es vornehmlich der Einfluss des Wassers, welcher zur gleichmässigen Linienführung zwingt; bei dem Höhenriss ist es der Einfluss des Windes, welcher eine durchaus gerade horizontale Führung verlangt. Wechsel in der Höhenlage sind möglichst zu unterlassen. Sind dieselben unvermeidlich, so dürfen sie nur in sehr flacher Steigung von höchstens 1 : 20 erfolgen.

Die genau horizontale Abgrenzung der Vordüne ist das beste Mittel, um eine möglichst gleichmässige Verteilung des Windes bei dem Streichen über die Krone der Düne zu erreichen. Jede Unregelmässigkeit in der Kronenlage führt zu Unregelmässigkeiten des Windangriffes. Einzelne Erhebungen in der Vordüne sind immer gefährlich. Sie veranlassen stets Beschädigungen in ihrer Nachbarschaft. Der Wind wird neben und zwischen den Erhebungen gepresst, er greift die tiefen Stellen um so stärker an, und da diese gewöhnlich in der Festigkeit zurückgeblieben sind, so entstehen hier Einrisse, Windkehlen und Kessellöcher. So tragen die Unregelmässigkeiten in der Höhe zu Unregelmässigkeiten in der Tiefe bei (vgl. die Ausführungen im § 3 S. 330).

Aus diesem Grunde müssen Weidenanhägerungen auf den Vordünen oder dichte Horste von geilen Sandgrasbüschen stets beseitigt werden. Die Weiden sind während des Wachstums wiederholt tief auszuroden, die Sandgrashorste sind locker zu stechen, so dass der zwischen ihnen angehäufte Sand zum Treiben kommt. Dies muss jedoch vorsichtig geschehen, damit das Sandgras nicht zu sehr gelichtet werde, und eine Kahlstelle auf der Düne entstehe. Das beim Lichten der Horste gewonnene Sandgras kann in der Regel zu Ausbüschelungen in der Nachbarschaft verwendet werden.*)

*) Diese aus den deutschen Verhältnissen abgeleitete Vorschrift einer durchaus horizontalen Begrenzung der Vordünen hat Verf. auch bestätigt gefunden bei Unterhaltung der Dünen in der Gascogne. Die besten Strecken dieser Vordünen im Departement Gironde sind zur Erhaltung einer genau horizontalen Ab-

§ 23.

Querschnitt der Vordüne. Der Querschnitt der Vordüne ist derartig auszubilden, dass sowohl die Kronenhöhe auf das thunlichst geringste Maass beschränkt werde, als auch die Basis der Vordüne möglichst breit werde. Hieraus folgt, dass die Aussenböschung sowohl wie die Innenböschung sehr flach angelegt werden müssen.

Eine möglichst niedrige Lage der Vordünenkrone hat manche Vorteile. Bei gleichem Inhalt des Vordünenquerschnitts ist die Basis um so grösser, je niedriger die Vordüne ist: mit der Basis wächst aber die Widerstandsfähigkeit der Vordüne. Ferner ist es bei geringer Höhe der Krone möglich, der Aussenböschung eine flachere Neigung zu geben: hiermit wächst die Standsicherheit der Vordüne gegen den Einfluss der Wellen und gegen Auswehungen. Drittens wird der vom Strande herrührende Sand um so leichter von der Aussenböschung festgehalten, je flacher dieselbe geneigt ist, also je niedriger die Kronenhöhe ist. Viertens: je niedriger die Kronenhöhe ist, um so leichter ist es, geringe Mengen des angetriebenen Sandes gleichmässig in das Binnenland zu verteilen; diese Möglichkeit muss immer im Auge behalten werden. Endlich fünftens ist zu erwägen, dass die Vordüne zufolge des angetriebenen Sandes nach und nach mehr und mehr in die Höhe steigt: es ist nicht nötig, dies Anwachsen durch eine hohe Lage der Vordüne von Anfang an zu begünstigen, eine niedrige Lage ist daher vorzuziehen.

An der Ostsee genügt für die erste Anlage der Vordüne eine Kronenhöhe von 6 m über Mittelwasser; d. h. von 4 m über dem auf ungefähr 2 m über Mittelwasser angesetzten Fuss der Vordüne. An der Nordsee ist je nach Lage der Küste eine Höhe von 8 bis 10 m erforderlich.*)

Die Neigung der Aussenböschung ist so flach als möglich herzustellen. Sie soll vornehmlich dazu dienen, den vom Strande her anfliegenden Sand aufzunehmen. Ist die Böschung zu steil, so vermag sie diese Aufgabe nur schwer zu erfüllen. Die flachste Lage, welche die Vordüne annehmen kann, wird diejenige Neigung niemals unterschreiten können, welche die Wanderdünen an der Seeseite zeigen. Diese Böschung ist ungefähr 1 : 9 (vgl. II. Abschn. § 5 S. 134). Es ist

---

gleichung der Kronen mit clayonnage d. s. Flechtzäunen an den Aussenseiten und mit cordons oder Faschinenbündeln an den Binnenseiten versehen. Dadurch hat die Vordüne auf 70 bis 50 km Länge eine vollkommen horizontale Krone ohne die geringste Unterbrechung erhalten.

*) Die Vordünen in der Gascogne sind durchweg sehr hoch. Sie haben 15 bis 20 m Höhe. Dieser Umstand wird von den Franzosen jetzt als Nachteil empfunden. Grandjean (Les Landes S. 76) hält eine geringere Höhe für besser, weil die Vordünen sich dann leichter unterhalten lassen würden.

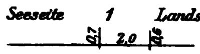


Abb. 269. Zwei Reihen Strauchzäune.

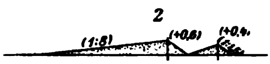


Abb. 270. Strauchzäune versandet.

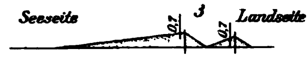


Abb. 271. Zwei neue Reihen von Strauchzäunen.

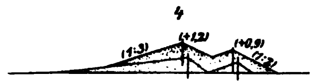


Abb. 272. Zweite Strauchzaunreihen versandet.

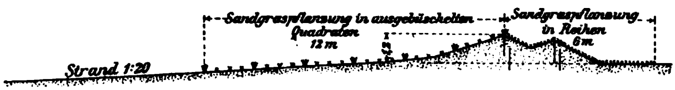


Abb. 273. Erste Sandgraspflanzung.

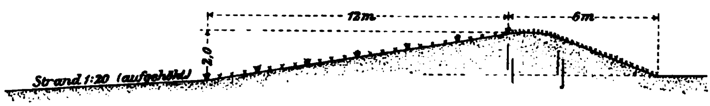


Abb. 274. Ausbildung der Vordüne.

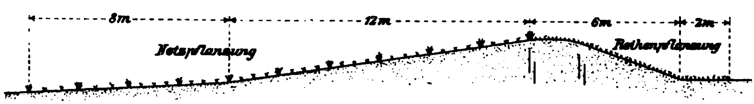


Abb. 275. Verbreiterung der Sandgraspflanzung.

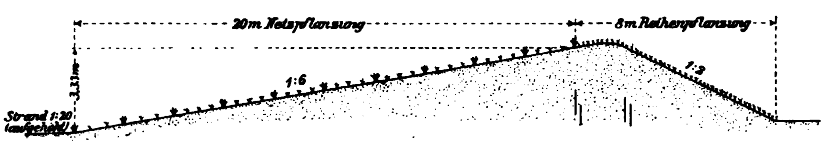


Abb. 276. Querschnitt der fertigen Vordüne.

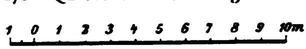


Abb. 269—276. Bau einer neuen Vordüne.

daher nicht anzunehmen, dass es gelingen wird, der Aussenböschung eine flachere Lage als 1 : 8 zu erteilen. Es empfiehlt sich aber, dies Maass bei Anlage neuer Vordünen anzunehmen, da durch das Wachsen der Vordünen die Böschung ohnehin sich um so steiler ausbildet, je mehr die Düne sich erhebt. Alte Vordünen haben in der Aussenböschung die Neigung 1 : 6, mitunter sogar 1 : 4.

An der Binnenseite nehmen die Vordünen mit der Zeit die Neigung 1 : 2 an. Bei Neuanlage von Vordünen ist wegen der geringeren Höhe die Böschungsneigung 1 : 3 zu wählen.

§ 24.

Ausbildung der Vordüne. Die früher von Hagen zur Erzeugung einer neuen Vordüne benutzten Strauchzäune von 1,26 m Höhe mit Rückhaltstangen (Abb. 226 S. 333) werden jetzt kaum mehr gebaut. Wo heut in Deutschland noch neue Vordünen anzulegen sind, werden sie aus niedrigen Strauchzäunen von 0,7 m Höhe gebildet, welche in 2 m Entfernung errichtet werden (Abb. 269). Diese Zäune werden im Frühjahr gesetzt, damit sie in den folgenden Wochen versanden können. Ist dies geschehen (Abb. 270), so werden zwei neue Zäune auf der Krone der Versandung errichtet, und zwar wie die ersten mit genau wagerechter Abgleichung (Abb. 271). Hat sich die Versandung auch der zweiten Strauchzaunreihen während des Sommers vollzogen (Abb. 272), so wird im Herbst das Sandgras

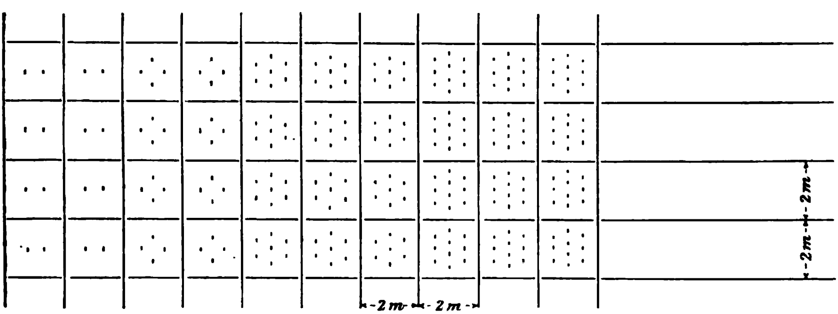


Abb. 277. Grundriss der fertigen Vordüne.

gepflanzt. Diese Pflanzung wird in möglichst grosser Breite über den Strand fortgesetzt. Wie Abb. 273 zeigt, ist die Sandgraspflanzung an der Aussenseite in ausgebüschelten Netzen auf 12 m Breite, an der Binnenseite auf 6 m Breite in Reihen auszudehnen.

Die Pflanzung hält den vom Strande antreibenden Sand fest. Dadurch erhöht sich die Vordüne je nach der Stärke des Sandfluges mehr oder weniger schnell. Das Sandgras wächst um so üppiger in die Höhe, je stärker der Sandflug ist. Die auf dem Strande ausgeführte Sandgraspflanzung erhöht sich zur Böschung, der bepflanzte Strand selbst erhöht sich zum Teil, und die Vordüne hat im Früh-



Abb. 278. Anlage einer neuen Vordüne zwischen Sarkau und Rossitten. (Aufnahme des Verfassers 1899).

jahr des folgenden Jahres einen Querschnitt, welcher ungefähr der Abb. 274 entspricht. Die Pflanzung wird nunmehr nachgebessert und auf beiden Seiten nach Möglichkeit verbreitert. Abb. 275 zeigt eine Verbreiterung der Netzpflanzung auf 20 m, der Reihenpflanzung auf 8 m. Der Sandflug dieses Jahres führt zur fertigen Vordüne, welche in Abb. 276 im Querschnitt und in Abb. 277 im Grundriss dargestellt ist. Bei ungünstigem Sandfluge, bei Hochwasserschäden oder bei nicht rechtzeitiger Ausführung der Arbeit kann sich die Ausbildung der Vordüne um ein, auch zwei Jahre verzögern. Ueber die Art der Pflanzung von Aussen- und Binnenböschung wird auf §§ 25 und 26 verwiesen.

Die Strauchzäune müssen nach der Längsrichtung der Vordüne gestellt werden, nicht quer gegen dieselbe. Werden die Zäune quer gestellt, d. h. senkrecht gegen den Strand, so entsteht eine lückenhafte

unvollkommene Versandung, die Aehnlichkeit hat mit der Versandung von Strombuhnen, welche aber nicht eine gleichmässige Vordüne liefert. Ein interessanter Versuch war in dieser Hinsicht bei Warnemünde im Jahre 1896 gemacht worden: Im Anschluss an einen Längsstrauchzaun waren mehrere Querstrauchzäune mit Gefälle 1:20 und in 15 bis 20 m Entfernung senkrecht gegen die Strandseite gestellt worden. Dieselben versandeten nach der in Abb. 279 dargestellten Art so, dass einzelne Hügel vor und hinter jedem Strauchzaun sich bildeten, eine gleichmässige Ausbildung der Aussenböschung aber nicht eintrat.*)

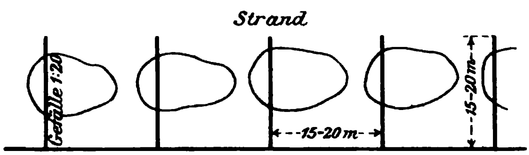


Abb. 279. Sandanhägerung in Vordünen bei quer gestellten Strauchzäunen. (Nach einem Versuch bei Warnemünde 1896).

Wird nach diesem Grundsatz in einem unbebauten wilden Küstengebiet eine neue Vordüne angelegt, so werden unbekümmert um die vorhandenen Kupsten (vgl. § 34) die Zäune in der erforderlichen Richtung und Entfernung vom Strande gezogen. Sie werden dabei gewöhnlich zwischen den vorhandenen Sandhügeln eingespannt. Dünenberge, welche ausserhalb der Linie auf dem Strande liegen, müssen durch Ziehen des daselbst vorhandenen Sandgrases zum Abtreiben gebracht werden. Auch die in der Vordüne liegenden Hügel müssen durch Sandgrasziehen soweit gesenkt werden, dass die horizontale Abgrenzung der Vordüne nicht unterbrochen wird. Die Abb. 278 und 280 zeigen, wie die Vordünen zwischen den Kupsten gezogen werden, und aus kleinen Anfängen sich entwickeln.

§ 25.

Bepflanzung der Aussenböschung der Vordüne. Die Aussenböschungen der Vordünen sind in mannigfacher Art mit Sandgräsern bepflanzt worden. Hagen (III 2, S. 129) liess eine Längsreihe von Sandgräsern mitten zwischen den beiden Sandfangzäunen in die bei der Versandung daselbst entstehende Rinne (vergl. Abb. 270) pflanzen,

*) Nur in Holland werden zur Erzeugung neuer Vordünen Querstrauchzäune noch benutzt. Dieselben werden gemeinsam mit einem Längszaun unmittelbar nach Verlauf der winterlichen Sturmfluten aufgestellt. Sie erhalten nur 5 m Entfernung und 3 bis 5 m Länge, so dass sie wie die Zähne eines Kammes vor dem Längszaun hervortreten (vgl. Müller, Zeeland, S. 147). Die geringe Entfernung der Querzäune gleicht die Unregelmässigkeit der Aufsandung aus.



Abb. 280. Neue Vordünenanlage auf der kurischen Nehrung. (Aufn. d. Verf. 1899).

und ausserdem nur noch zwei oder drei Längsreihen auf der Aussenböschung mit 4 bis 5 Fuss (1,26 bis 1,57 m) Entfernung. Zwischen den Längsreihen wurden ferner Querreihen in 8 Fuss, d. s. 2,51 m, Entfernung gezogen und einzelne Felder, welche besonders tief auswehten, durch Ausbüschelung erhöht.

Krause, welcher anfänglich die Vordüne nicht regelrecht ausgebildet hatte, liess sie in späteren Jahren mit ausgebüschelten Netzen bepflanzen. Die Netze waren 3,8 m gross und enthielten 23 flache aber senkrecht gegen die See gestellte Büschel. An einzelnen besonders gefährdeten Stellen wurden die Netze auf 3 m, auch auf 2 m Seitengrösse verkleinert. Die Querreihen wurden nicht durchgezogen, sondern versetzt (vgl. Abb. 245 S. 356).

In Pommern pflegt man den Fuss der Vordüne mit drei Längsreihen zu bepflanzen, und von der dritten Längsreihe ab Netze von 4 Fuss = 1,26 m Seitengrösse mit durchgehenden Längs- und Querreihen und fünffacher Ausbüschelung herzustellen.

Auf der frischen Nehrung war später die von Hagen gegebene Vorschrift verlassen worden. Man pflanzte das Dünengras nur in Längsreihen von 0,5 m Entfernung. Diese Reihen wurden aus flachen Büscheln gebildet, welche 0,5 m Entfernung hatten und in Versatz standen. Es blieben dadurch zwischen den Büscheln weite Räume, welche in diagonaler Richtung über die Aussenböschung sich erstreckten, und bei ungünstiger Windrichtung zu Auswehungen Veranlassung gaben. Um diesen Auswehungen etwas zu begegnen, wurden im Neuhäuser Bezirk bei gleicher Anordnung der Pflanzung Querreihen in 25 m Entfernung angelegt.

Im Stralsunder Bezirk pflanzt man das Sandgras wie auf der frischen Nehrung, doch werden die Reihen nicht 0,5 m, sondern 0,3 m weit angelegt und die Büschel 0,5 bis 0,3 m weit gestellt.

In den Dünen bei Mellneraggen nördlich von Memel pflanzte man das Sandgras ähnlich, doch nicht in offenen, sondern in durchgehenden Längsreihen von 0,5 m Entfernung. An besonders gefährdeten Stellen wurden zwischen diesen Reihen zur Verhütung von Durchwehungen einzelne Büschel quergestellt. Dieselben hatten gewöhnlich 2 m Entfernung und wurden in je zwei einander folgenden Reihen in Versatz gestellt (vergl. Abb. 244, S. 355). Einzelne Teile der Binnendünen wurden auch mit Sandgras in 2 m grossen Netzen und acht Büscheln bepflanzt.

In dem Dünenbezirk Rossitten wurden die Aussenböschungen der Vordünen mit Netzen von 1,26 m Grösse überzogen, welche fünf Büschel erhielten. Diese fünf Büschel standen in der Mitte und in den Ecken des Netzes nach den Richtungen der Diagonalen.

In dem Dünenbezirk Schmolsin werden die Netze mit gutem Erfolge nur 2 m gross angelegt und mit fünf parallel der Längsseite gestellten Büscheln gefüllt. Auch im Bezirk Süderspitze werden 2 m grosse Netze jedoch mit acht Büscheln hergestellt.

Aus den Beobachtungen dieser verschiedenartigen Bauweisen und den sich ergebenden Erfolgen kann man die Lehre ableiten, dass es bei Anlage und Unterhaltung der Vordüne nicht so sehr auf die Art der Pflanzung als vielmehr darauf ankommt, das überhaupt gepflanzt und zu rechter Zeit gepflanzt werde. Wird diese Bedingung festgehalten, so kann man tüchtigen Beamten, welche für besondere Bauweisen eine Vorliebe haben, immerhin eine Freiheit der Ausführung bis zu einem gewissen Grade zugestehen. Will man aber bei grösster Ersparung an Material die grösste Wirkung erreichen, so sind folgende Vorschriften zu beachten:

Für die Aussenböschung der Vordüne, deren Aufgabe darin besteht, den Sand zu fangen, ist eine netzförmige Pflanzung einer solchen in Reihen vorzuziehen. Denn die Netzpflanzung durchkreuzt jede Windrichtung, und ist daher imstande, unter allen Umständen den Sand zu fangen. Die Reihenpflanzung vermag dies nicht in gleichem Maasse, sie lässt immer Auswehungen bei gewissen Windrichtungen zu, und um so mehr, je lückenhafter der Kostenersparnis wegen gepflanzt wurde. Für die Weite der Netze genügt 2 m.

Eine Ausbüschelung der Netze ist stets erforderlich. Die beste Stellung der Büschel ist die nach der Längsrichtung der Reihen. Hierfür sind dieselben Gründe massgebend wie für die Anordnung der Strauchzäune nach der Längsrichtung der Vordünen (vergl. § 5, S. 334). Die Zahl der Büschel in den Netzen und die Dichtigkeit des Sandgrases in den Reihen ist von folgender Erwägung abhängig:

Wird das Sandgras durchaus gleichmässig über die Aussenböschung verteilt, d. h. werden die Reihen auf der ganzen Fläche überall gleich dicht gesetzt, und die Netze überall mit derselben Zahl von Büscheln gefüllt, so nimmt die Aussenböschung die in Abb. 281 dargestellte konvexe Form an. Der Sand kommt vom Strande. Er überfliegt die Aussenböschung von unten nach oben. Alle Sandkörnchen müssen die unteren Teile der Böschung zuerst passieren, bevor sie die oberen erreichen. Die unteren Teile haben sonach stets mehr Sand für die Anhägerung zur Verfügung als die oberen. Ist nun die Fähigkeit, den Sand festzuhalten, auf allen Teilen der Böschung gleich gross, so ergiebt sich, dass der untere Teil der Böschung schneller in die Höhe wachsen muss als der obere. Hieraus folgt die konvexe Ausbildung der Aussenböschung, welche man ohne Ausnahme überall bei gleichmässiger Bepflanzung beobachten kann. Eine der-

artige Ausbildung hat zur Folge, dass die Aussenböschung mit der Zeit an Wirkung einbüsst. Denn sie wird im unteren Teile steiler und im oberen Teile flacher. Die Steilheit des Fusses gefährdet die Vordüne bei Hochwasser, da das unschädliche Auf- und Ablaufen der Wellen erschwert wird. Die flache Lage des oberen Teiles veranlasst gleichsam eine Verbreiterung der Krone auf Kosten der Aussenböschung. Die Krone ist aber nicht imstande, soviel Sand festzuhalten wie die Aussenböschung: durch den Uebergang zur Krone im oberen Teil leidet daher die Aufnahmefähigkeit der Vordüne für Sand.



Abb. 281. Konvexe Ausbildung der Aussenböschung einer Vordüne bei gleichmässig dichter Bepflanzung.

Es ist darum erwünscht, dass die Aussenböschung ihren geradlinigen Verlauf dauernd behalte, oder sogar eine schwach konkave Krümmung nach Abb. 282 annehme. Dies wird erreicht, wenn die Ungleichmässigkeit des Sandfluges über die Aussenböschung hinweg ausgeglichen wird durch eine unregelmässige Befähigung der Aussenböschung in ihren einzelnen Teilen, den Sand festzuhalten. Es ergiebt sich hieraus die Notwendigkeit, den unteren Teil der Aussenböschung



Abb. 282. Konvexe oder geradlinige Ausbildung der Aussenböschung bei ungleichmässiger Bepflanzung (unten weit und oben dicht).

weniger dicht als den oberen Teil zu bepflanzen: Im ersteren müssen die Netze dünn bepflanzt und mit geringer Büschelzahl ausgestattet, im oberen Teil dagegen mit dichten Reihen und zahlreichen Büscheln versehen werden. Dann wird das Festhalten des Sandes in dem unteren Teil der Aussenböschung verringert, im oberen Teil aber vergrössert. Die Sandmengen und damit die Aufhöhung des unteren Teils wird geringer als früher, die Böschung bildet sich regelmässiger aus. So ergiebt sich die Pflanzung der Aussenböschung nach Abb. 277 S. 380, bei welcher die im § 15 (Abb. 247—250 S. 357) angegebene Arten der Netzpflanzung derartig verteilt wurden, dass am Fuss der Aussen-

böschung die weiteste, an der Krone die dichteste Pflanzung angelegt ist.*)

§ 26.

Bepflanzung der inneren Böschung und der Krone. Die innere Böschung darf nicht in gleicher Weise wie die äussere behandelt werden. Die äussere Böschung muss den vom Strande kommenden Sand festhalten, die innere nicht. Bei der äusseren Böschung steigt der Sand von unten nach oben empor, bei der inneren fällt er von oben nach unten herab. Dies Abwärtsrollen darf nicht erschwert, es muss im Gegenteil so sehr wie möglich erleichtert werden. Dabei ist für eine den Umständen angemessene Festlegung des Sandes zu sorgen.

Die Krone nimmt nach Herstellung der Vordüne sehr bald eine gewölbte Form an. Wird sie netzartig bepflanzt oder in Reihen, welche der Längsrichtung der Vordüne entsprechen, so entstehen zahlreiche Hindernisse der Fortbewegung des Sandes. Die Krone erhöht sich. Der Sand bildet an der inneren Böschungskante scharfe, mitunter fast meterhohe steile Grate, die zu immer grösserer Erhöhung der Krone Veranlassung geben. So vorteilhaft für die erste Bildung der Vordüne die schnelle Erhöhung der Krone war: später ist ein übermässiges Ansteigen derselben von Nachteil. Denn es wird dadurch die äussere Böschung der Vordüne zu steil, die Aufnahmefähigkeit derselben für neu antreibenden Dünensand leidet. Auch ist es zur Festigung der Küsten und der Vordünen besser, das Profil der letzteren in der Breite statt in der Höhe wachsen zu lassen. Die Verbreiterung der Basis erhöht die Standsicherheit der Vordüne, während die Zunahme der Höhe ohne gleichzeitige Verbreiterung die Standsicherheit gefährdet. Hieraus hat sich ergeben, dass es für die Krone zweckmässig ist, sie in Reihen von 2 m wie die innere Böschung zu bepflanzen.

Auf der inneren Böschung sind alle Hindernisse von Nachteil, welche das Abrollen des Sandes erschweren. Jeder Grasbüschel, welcher der Bewegung sich entgegenstellt, hält den Sand auf, und giebt Veranlassung zu einem steil abfallenden kleinen Grat. Ist die innere Böschung viel mit derartigen Hindernissen besetzt, so nimmt

---

*) Eine ähnliche Verteilung der Sandgraspflanzen wird seit Jahren in der Aussenböschung der Vordünen des Bezirks Moutchic in der Gascogne ausgeführt und hat sich dort vortrefflich bewährt. Hier wird mit runden Büscheln im Versatz derartig gepflanzt, dass die Entfernung derselben am Fuss der Vordüne 1 m beträgt, in der Mitte 0,7 m und an der Krone 0,4 bis 0,6 m. Die Folge ist eine gerade nur wenig konkave Ausbildung der 15 m hohen Vordüne. In den Dünen des südlich benachbarten Departements, wo die gleichen Küsten-, Wind- und Strömungsverhältnisse vorliegen, wo aber das Sandgras gleichmässig über die Böschung verteilt wird, hat sich die konvexe Krümmung ausgebildet.

sie schliesslich eine Neigung an, welche viel steiler ist als die natürliche Böschungsneigung des Sandes. Darunter leidet aber die Festigkeit des Dünenkörpers. Ausserdem werden die zahlreichen Grate lockeren Sandes von entgegengesetzt gerichteten Winden leicht erfasst und zurück über die äussere Böschung getrieben.

Damit das Abrollen des Sandes nicht erschwert werde, dürfen die Sandgrasbüschel nicht anders als in der Richtung des rollenden



Abb. 283. Sandgraspflanzung auf der landseitigen Böschung der Vordüne. (Aufnahme des Verfassers 1898).

Sandes, d. i. quer gegen die Richtung der Düne in Reihen gepflanzt werden (vergl. Abb. 283). Längsreihen oder netzförmige Bepflanzung oder Ausbüschelungen im Längenzuge der Düne sind durchaus zu unterlassen.

Um die zweckmässigste Entfernung der Reihen zu ermitteln, hat Verf. mehrere Versuche bei Neuanlagen von Vordünen ausgeführt. Die Reihen wurden anfänglich 0,6 m, dann 1 m, später 1,5 m und schliesslich 2 m von einander entfernt angelegt. Die enge Stellung erschwerte das Abrollen des Sandes und führte leicht zu einer dichten Benarbung, welche die Bewegung des Sandes verhinderte. Die Entfernung 2 m hat sich dagegen sehr gut bewährt. Sie genügt zur

Festlegung des Sandes, da die innere Böschung ohnehin gegen die stärksten Winde geschützt ist, und ist weit genug, um das Abrollen noch zu ermöglichen, selbst dann, wenn das Sandgras sich über die Böschung ausbreitet.

Die nach den Vorschriften der §§ 25 u. 26 sich ergebende Bepflanzung der Aussenböschung, der Krone und inneren Böschung

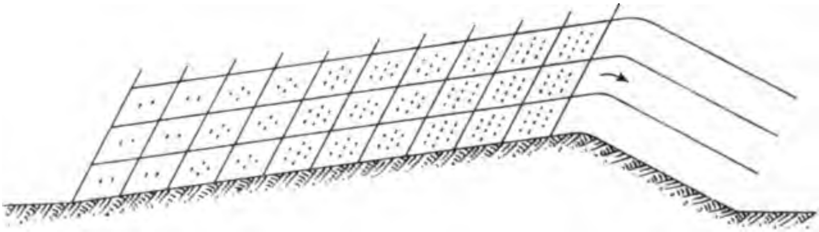


Abb. 284. Schaubildliche Darstellung der Vordüne und ihrer Bepflanzung.

einer Vordüne ist in Abb. 284 schaubildlich dargestellt worden. Der Pfeil deutet die Richtung des über die Krone hinweg geführten Sandes an.

§ 27.

Sandgrasbedarf. Der Bedarf von Sandgras ist nach der Verwendung desselben in Netzen oder Querreihen, nach der Dichtigkeit des Sandgrases in den Reihen, oder der Zahl der Büschel sehr verschieden. Im allgemeinen wird mit einem Bedarf von 20 bis 24 Hundert Bunden Sandgras für das Hektar gerechnet, und mit dieser Menge auch erfolgreich gearbeitet. In Wirklichkeit treten bei der Verwendung des Sandgrases Unterschiede von mehr als 100 % auf.

Bei den in den Abb. 249 bis 250, S. 357, angegebenen Pflanzungsarten mit 2 m grossen Netzen und 10, 7, 4 und 2 Büscheln stellt sich das Pflanzbedürfnis auf folgende Mengen:

Pflanzung nach Abb. 247 erfordert 7 + 6 + 10 = 23 Büschel auf 4 qm oder 575 Büschel auf das Ar. Da ein Büschel durchschnittlich 5 Pflanzen enthält (s. § 13, S. 352), so sind unter Anrechnung von ungefähr 5 % Verlust 3000 Pflanzen für das Ar oder 24 Hundert Bunde Sandgras zu durchschnittlich 125 Pflanzen (s. § 17, S. 362) auf das Hektar in Anwendung zu bringen.

Die Pflanzung nach Abb. 248 erfordert 6 + 6 + 7 = 19 Büschel auf 4 qm oder einschliesslich Verlust 2500 Pflanzen auf das Ar, d. s. 20 Hundert Bunde Sandgras auf das Hektar.

Pflanzung nach Abb. 249 erfordert 6 + 5 + 4 = 15 Büschel auf 4 qm oder einschliesslich Verlust 2000 Pflanzen auf das Ar, d. s. 16 Hundert Bunde auf das Hektar.

Pflanzung nach Abb. 250 verlangt 5 + 5 + 2 = 12 Büschel auf 4 qm oder 1600 Pflanzen auf das Ar, d. s. 13 Hundert Bunde auf das Hektar.

Endlich die Pflanzung der Binnenböschung und Krone in 2 m weit entfernten Reihen erfordert nur 6 Büschel auf 4 qm oder einschliesslich Verlust 800 Pflanzen auf das Ar d. s. 6½ Hundert Bunde Sandgras auf das Hektar.

Im allgemeinen ergiebt sich hiernach das Bedürfnis zu einer Vordünenpflanzung nach Abb. 277 bezw. 284, S. 380 u. 389, sowohl für die äussere wie die innere Böschung und die Krone, auf durchschnittlich 17 Hundert Bunde Sandgras auf das Hektar.

§ 28.

Kosten der Sandgraspflanzung. Das Werben des Sandgrases kostet für 100 Bunde auf der kurischen Nehrung 2 bis 2,50 M., ausnahmsweise sind 3 M. bezahlt worden. Hierbei ist eingeschlossen das Stechen, Binden, Zusammentragen und Einschlagen des Sandgrases. Der Kostenbetrag ist abhängig von der Jahreszeit, der Entfernung der Arbeitsstelle von dem Wohnort der Arbeiter und der Menge des verfügbaren Grases.

Die Beförderung des Sandgrases auf Wagen kostet bei Entfernungen bis 5 km im allgemeinen 2 M. für 100 Bunde Sandgras, für grössere Entfernungen von 5 bis 8 km 3 M.

Das Pflanzen des Sandgrases erfolgt entweder im Tagelohn oder im Akkord. Die Tagelöhne auf der kurischen Nehrung betragen für Männer 1,30 bis 1,80 M., für Frauen und Mädchen 1 bis 1,20 M. Letztere werden vorzugsweise bei den Dünenarbeiten beschäftigt. Je nach der Höhe des Tagelohnes und der Verwendung von Arbeitern oder Arbeiterinnen, sowie der Entfernung der Arbeitsstätte von dem Wohnort, kommt das Pflanzen von 100 Bunden Sandgras auf 3 bis 8 M. zu stehen. Hierbei ist das Werben des Sandgrases selbst nicht eingeschlossen. Geschieht letzteres auf oder in der Nähe der Arbeitsstelle durch Lichten der Geilbüsche, so erhöhen sich die Kosten auf 5 bis 10 M. für 100 Bunde.

Die Befestigung von einem Hektar Vordüne oder Wanderdüne durch Sandgras erfordert im Durchschnitt einschliesslich des Werbens, der Beförderung und der Pflanzung des Sandgrases 170 bis 220 M.

Die Strauchzäune verursachen einen Materialaufwand von 0,05 Raummetern für das laufende Meter und einen Kostenaufwand von 20 Pf. für das Meter. Hierbei wird gewöhnlich das Holz aus den Beständen der nächsten Umgebung gewonnen und nicht besonders berechnet. Der Preis bezieht sich auf das Werben, die Beförderung, das Kürzen, Einstellen und Richten der Strauchzäune.

F. Unterhaltung der Vordüne.

§ 29.

Vortreiben des Dünenfusses. Mit der Ausbildung der Vordüne nimmt die gleichmässige Ausbildung des Strandes zu. Er wird regelmässiger, ist nicht mehr wie früher mannigfachen Einrissen und Wechselformen unterworfen, seine Breite scheint zuzunehmen. Man hat darum vielfach versucht, durch Vortreiben des Dünenfusses der See neues Land abzugewinnen.

Die Graspflanzung der Aussenböschung wurde rampenförmig auf den Strand hinaus ausgedehnt. Schon Krause hatte dies unternommen. Er liess die Querreihen der Aussenböschung abwechselnd um 2 m vor der letzten Längsreihe hervortreten, und die auf beiden Seiten entstehenden Ecken durch Büschel auspflanzen. So ergaben sich dreieckige Vorsprünge vor dem Fuss der Aussenböschung. Krause beabsichtigte hierdurch gleichzeitig der Rillenbildung vorzubeugen, welche sich an der Seeseite der letzten Längsreihen bei heftigen Winden gewöhnlich einstellt. Das Verfahren ist noch heut in der Nähe von Neufähr gebräuchlich.

Auch Verfasser hat derartige auf den Strand vortretende Befestigungen ausführen lassen, und zwar in verschiedener Form: es wurden nach Art von Krause Sporen mit dreieckförmiger Ausbüschelung angelegt, auch Sporen ohne derartige Ausbüschelung, sowie in rechteckiger und quadratischer Form, und in verschiedenen Entfernungen von 8 bis 25 m. Der Erfolg ist in allen Fällen zweifelhaft gewesen. Ein gleichmässiges Vortreiben des Dünenfusses wurde nicht erreicht. Wie die Sporen zu Sandanhägerungen Veranlassung gaben, so führten die Lücken zwischen ihnen zu Einrissen von freilich nur geringer Tiefe. Günstigstenfalls fand eine unregelmässige Aufhöhung des Strandes in einzelnen Rücken statt, welche im folgenden oder im dritten Jahre wieder verloren gingen.

Verf. kann daher die sporenartige Ausbildung des Dünenfusses nicht empfehlen. Will man den Dünenfuss zur Verbreiterung der äusseren Böschung vortreiben, so geschieht es am besten durch Vorlegung neuer regelmässig ausgebildeter und ausgebüschelter Netze. Diese bieten die Gewähr, dass die Aussenböschung sich gleichmässig gestaltet, dass die Erhöhung derselben sich regelmässig vollzieht, und die Vordüne diejenige Form annimmt, welche zur Abwehr von Wind und Wellen am wirksamsten ist.

§ 30.

Beseitigung von Blössen, Windrissen, Windkehlen, Kessellöchern u. dergl. Die Vordünen verlangen eine ständige und sorg-

fältige Unterhaltung. Jede Nachlässigkeit rächt sich. Kleine Schäden, welche nicht sofort beseitigt werden, können in ausserordentlich schneller Zeit zu grossen Verwilderungen führen, und diese erfordern alsdann zu ihrer Beseitigung einen unverhältnismässig grossen Aufwand an Mühe, Zeit und Geld.

Die Schäden können entstehen durch Einfluss des Windes oder des Wassers. Eine mangelhafte Beschaffenheit der Vordüne begünstigt ihr Auftreten. Zu der mangelhaften Beschaffenheit ist zu rechnen: schlechte Linienführung der Vordüne mit vielen vorspringenden Ecken und zurücktretenden Buchten, unregelmässige Begrenzung der Krone, vor allem aber Unregelmässigkeiten auf Böschung und Krone selbst, zu dichter oder zu lockerer Stand des Sandgrases oder gar hoher Anwuchs von S. äuchern oder geilen Grasbüscheln auf den Vordünen.

Die Zerstörungen des Windes bezeichnet man als Blössen, Furchen, Windmulden, Windrisse, Einsattelungen, Windkehlen, Kessellöcher oder dergl. Wenn an einzelnen Stellen das Sandgras durch zu starke Auswehungen oder zu starke Aufsandungen eingegangen ist, so bilden sich strichweise Blössen auf den Dünen. Diese sind gefährlich, denn der Wind pflügt tiefe Furchen auf diesen Blössen, bringt dadurch Unebenheiten in der Böschung hervor, legt die Wurzeln der Sandgräser bloss, und schädigt durch das Peitschen mit den gelockerten Wurzeln die vorhandenen Sandgrasbestände.

Es müssen daher alle Blössen sofort mit grösster Sorgfalt und Eile geschlossen werden. Dies geschieht nicht etwa durch Aufbringen von Sand mittels Schubkarre und Spaten: eine Ausbüschelung, d. h. die Füllung der Blössen durch Sandgrasbüschel, hilft vielmehr bei rechtzeitigem Eingreifen fast stets. Denn die dichte Ausbüschelung hält den fliegenden Sand fest und erhöht dadurch die Blösse. Die Entfernung der Büschel ist nach der Tiefe und Ausdehnung der schadhaften Stellen zu richten. Je grösser der Schaden, um so enger die Büschelstellung. Flache Büschel sind quer gegen die Richtung der Blössen zu setzen.

Wenn die Blössen eine grössere Länge und Tiefe annehmen, und die Böschung muldenartig aushöhlen, so nennt man sie Windmulden. Zu ihrer Aufhöhung genügt die Ausbüschelung allein nicht, sondern es ist auch das Sandgras in Reihen quer gegen die herrschende Windrichtung zu pflanzen. Sehr breite Mulden sind auch mit Längsreihen zu versehen.

Sind an den Rändern derartiger Windblössen, Furchen oder Windmulden üppig wuchernde Geilstellen von Sandgras oder Weidensträuchern vorhanden, so bilden die Abschälungen des Windes sich hier



Abb. 285. Deckung einer Windkehle hinter der Vordüne bei Nidden durch Strauchzäune und Sandgrasstreifen.
(Aufnahme des Verfassers 1898).

zu grösserer Tiefe aus. Die Wände stürzen ein. Steile Hänge entstehen unter den Büschen, die Länge der beschädigten Stelle nimmt zu, und es hat sich auf der Düne in mehr oder weniger schräger Richtung über dieselbe ein Windriss gebildet.

Zur Beseitigung derartiger Windrisse müssen alle übermässig wuchernden Sandgrasstellen gelichtet und die Weiden ausgerodet werden. Die scharf anstehenden Grate der festen Seitenwände sind zu brechen; ausserdem muss quer gegen die Windrichtung in geschlossenen Reihen Sandgras gepflanzt werden. Auch einige Längsreihen und Ausbüschelungen sind unter Umständen zu empfehlen. Ist der Windriss sehr tief, so sind zur Beschleunigung der Versandung im Frühjahr Strauchzäune quer gegen die Windrichtung einzubauen. Nach der Versandung dieser Zäune muss im Herbst das Pflanzen des Sandgrases geschehen.

Einsattelungen sind Windrisse, welche von der äusseren Böschung über die Krone der Vordüne hinweg sich ausgedehnt haben. Soll die Kronenhöhe der alten Vordüne erhalten bleiben, so sind die Einsattelungen durch Strauchzäune und Sandgraspflanzungen in Reihen quer gegen die Windrichtung mit Ausbüschelungen zu schliessen. Ist aber — wie nicht selten vorkommt — eine Senkung der Kronenhöhe geboten, so sind neben diesen Arbeiten die Spitzen der zwischen den Einsattelungen verbliebenen Kuppen durch Lockern des Sandgrases zu brechen.

Windkehlen nennt man diejenigen Windrisse, welche von der Krone der Vordüne ausgehend über die Leeseite oder die innere Böschung sich erstrecken. Sie entstehen gewöhnlich, wenn der Wind, welcher über die Vordüne hinweggestrichen ist, durch unmittelbar hinter derselben stehendes Gebüsch oder durch unregelmässige Ablagerung des angetriebenen Sandes Pressungen in solcher Richtung erfährt, in welcher die Böschung der Vordüne zufällig nicht gut bewachsen ist. Dann bildet sich der Windriss in einer flachen, schräg abwärts verlaufenden, muldenartigen Vertiefung aus. Hat die Bildung einer solchen Vertiefung erst einmal angefangen, so werden auch die festeren Teile der Böschung in Mitleidenschaft gezogen, ja mitunter reisst die Windkehle die innere Böschung bis unter die Geländehöhe auf. Abb. 285 zeigt eine solche Windkehle.

Man beseitigt die Windkehlen, indem man in den tiefsten Stellen quer gegen ihre Längsrichtung Strauchzäune zieht, bei sehr breiten Kehlen auch einen Zaun in der Längsrichtung selbst. Die Zäune müssen horizontal abgeglichen sein. Sind sie versandet, so wird entweder eine zweite Reihe von Strauchzäunen darüber angebracht oder die Versandung sofort mit Sandgrasstreifen festgelegt. Ersteres ge-



Abb. 286. Abbrüchige und ausgewehte Vordüne bei Pillkoppen auf der kurischen Nehrung. (Aufn. d. Verf. 1899.)

schieht dann, wenn die Aufhöhung der Tiefen noch nicht genügt, um den weiteren Ausgleich der Sandgras-Aushägerung zu überlassen. Abb. 285 zeigt die in der Querrichtung der Kehle hergestellten Strauchzäune nahezu versandet, und die neue Graspflanzung in Reihen quer gegen die Längsrichtung der Vordüne. Letztere entspricht nicht der Längsrichtung der Windkehle; es müssen daher die Reihen der Strauchzäune mit den Sandgrasreihen sich unter spitzem Winkel schneiden.



Abb. 287. Kesselloch in der Vordünenkrone.
(Aufnahme des Verfassers 1899.)

Kessellöcher entstehen dann, wenn bei der Bildung von Windkehlen oder Windmulden der Wind umsetzt, oder wenn die Ausbildung derselben durch Hindernisse beschränkt wird. Dichte Sandgraspflanzung oder Weidenbüsche geben hierzu mitunter Veranlassung. Dann bilden sich Wirbelwinde, ein tiefes Loch wird ausgehöhlt, und ein runder oder länglicher Kessel ist auf der Vordüne gewöhnlich in der Krone oder hinteren Böschung entstanden. (S. Abb. 287.) Das Kesselloch wird wie der Windriss durch quer und längs gestellte Strauchzäune geschlossen, und nach der Versandung durch Sandgras bepflanzt. Die Ränder sind gewöhnlich flach abzustechen.

§ 31.

Schäden an der Vordüne durch die See. Nicht weniger Schäden als der Wind fügt die See den Vordünen zu. Die Herbst- und Winterfluten rollen auf den Strand, spülen gegen den Fuss der äusseren Böschung und unterwaschen ihn auf langen Strecken in steilen Abstürzen, so dass die Wurzeln des Sandgrases locker und blossgelegt über der rollenden See im Winde flattern. (S. Abb. 286 und Abb. 111 S. 181.)

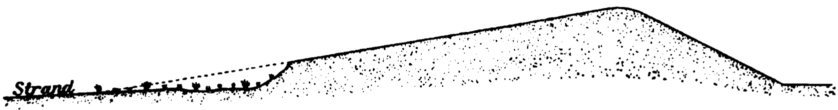


Abb. 288. Ausbesserung kleiner Schäden an den Vordünen durch Sandgras.

Ist die See nach den Stürmen zurückgetreten, so sind von der Vordüne zuweilen nur noch Bruchstücke vorhanden. Der Sand, welcher sie früher bildete, ist zum Teil fortgeschwemmt. Allerdings bessert die Natur von selbst die Schäden bis zu einem gewissen Grade aus. Denn mit der Aenderung der Windrichtung und der Küstenströmung tritt in der Regel auch eine Aenderung des Strandes ein.

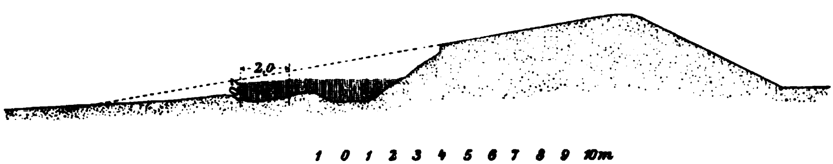


Abb. 289. Ausbesserung grösserer Schäden an den Vordünen durch Strauchzäune.

Die Lücken in demselben werden ersetzt durch neue Sandanhägerungen, und mitunter in solchem Maasse, dass der Strand später breiter und höher ist, als er vor dem Sturme war. Gewöhnlich wird aber der Verlust durch die spätere natürliche Sandanhägerung nicht vollständig ausgeglichen; und es ist nötig, durch künstliche Anlagen dieselbe zu fördern.

Diejenigen Stellen der Vordüne sind den Angriffen der See am meisten ausgesetzt, welche senkrecht gegen die Richtung der Stürme liegen. Solche Küstenstrecken erfordern mitunter Jahr für Jahr dieselben Instandsetzungsarbeiten. Vordünen-Strecken, welche in der Richtung der herrschenden Winde verlaufen, sind geschützter; ihre Unterhaltung ist wohlfeil und leicht.

Aber auch die Form der Düne, besonders ihre Linienführung, ist von Einfluss auf die Grösse der Schäden. Vorspringende Ecken und zurücktretende Winkel führen stets zu Wasserschäden. Denn wenn die See den Strand überflutet, treten hier stärkere Angriffe und wirbelartige Bewegungen des Wassers auf. Es müssen daher die vortretenden Ecken und einspringenden Buchten als Fehler der Linienführung bei Anlage der Vordüne durch die spätere Unterhaltung

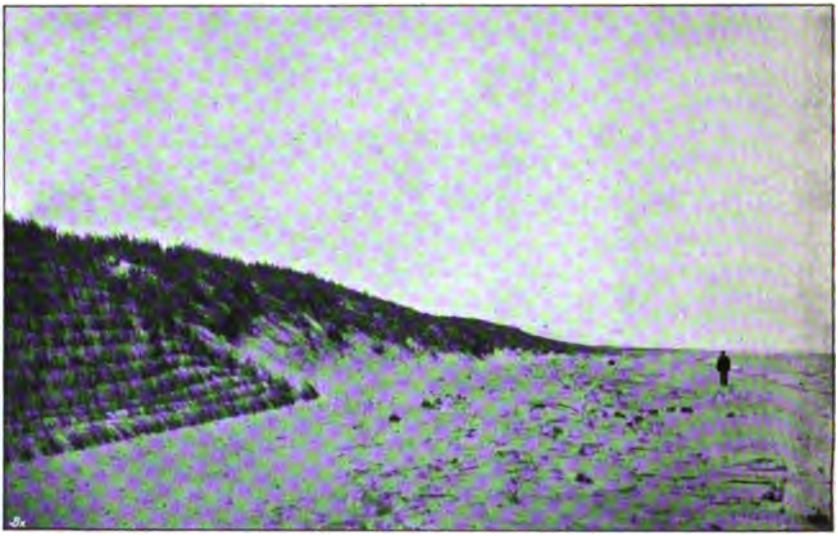


Abb. 290. Ausbesserung geringer Beschädigungen der Vordüne durch Sandgras. (Aufnahme des Verfassers.)

ausgeglichen werden. Nicht plötzlich, nicht in einem Sommer, sondern nach und nach durch die Arbeit mehrerer Jahre.

Die Hilfsmittel zur Ausbesserung der Seeschäden sind wiederum Sandgras und Strauchzäune. Nach der Linienführung, welche die Vordüne an der beschädigten Stelle haben muss, ist der Fuss der äusseren Böschung zu bestimmen, d. h. die Grenze zwischen Strand und Vordüne. Sind die Schäden gering, sind nur schmale Teile der Vordüne zur Anhägerung zu bringen, so kann dies in den meisten Fällen allein durch Sandgras erreicht werden. Abb. 288 zeigt den Querschnitt einer derartigen Düne; Abb. 290 die Ansicht einer solchen von der frischen Nehrung, auf welcher nach der damals üblichen Bauweise das Sandgras auf der äusseren Böschung in Längsreihen gepflanzt worden war.

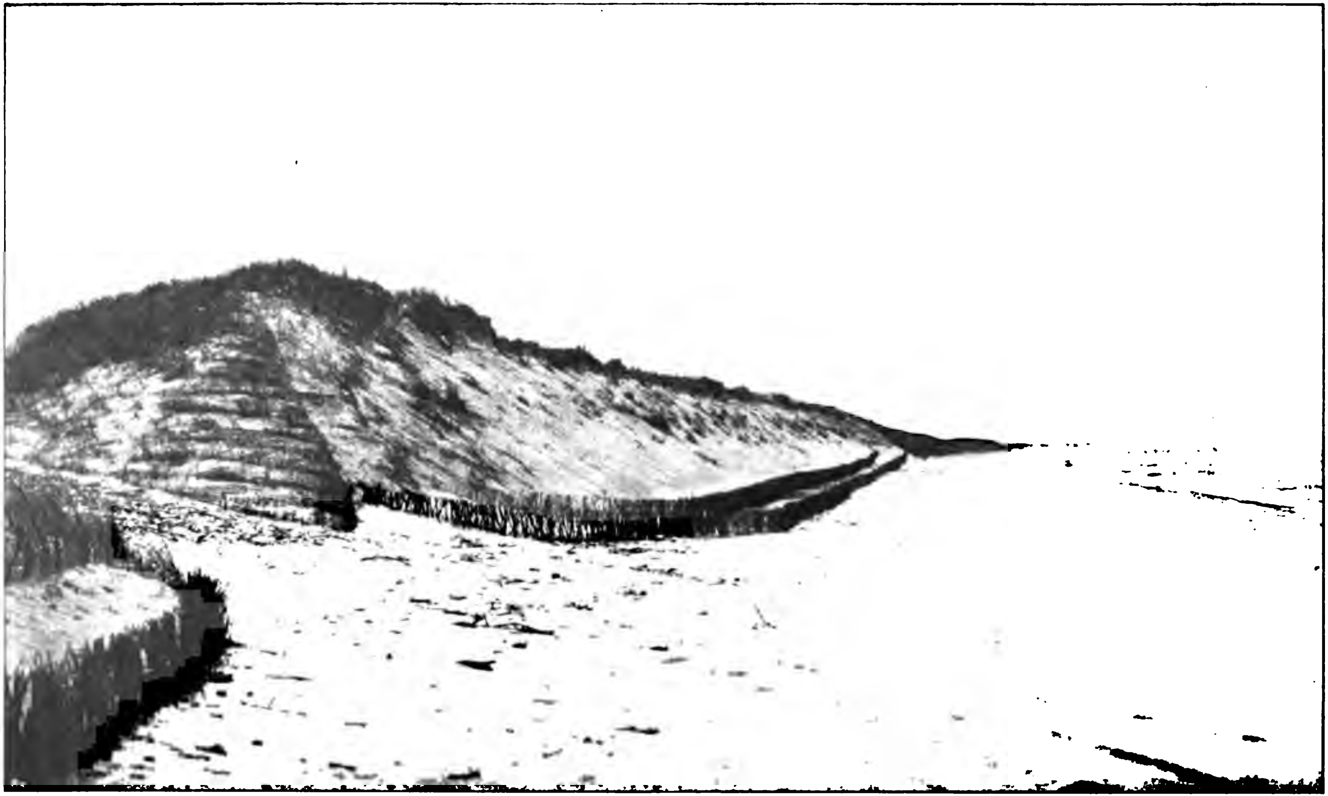


Abb. 291. Ausbesserung grösserer Beschädigungen der Vordüne durch Strauchzäune. (Aufn. d. Verf. 1898).

Sind die Schäden dagegen grösser, zeigt der Querschnitt nach Abb. 289 eine so grosse Lücke, dass die Ausfüllung durch Sandgras allein zu zeitraubend sein würde, so ist es nötig, durch Strauchzäune die Sandanhägerung zu beschleunigen. Es sind dann sofort im Frühjahr nach Auftreten der Schäden Sandfangzäune in ein oder zwei Reihen und in 2 m Entfernung aufzustellen. Der zweite Zaun ist dann nicht nötig, wenn er zu nahe der steilen Böschung stehen würde. Denn da die Böschung nach einiger Zeit unter dem Einfluss von Regen und Wellenschlag sich voraussichtlich abflacht, so würde seine Versandung nicht durch den Flugsand vom Strande, sondern durch den abstürzenden Sand der Vordüne erfolgen. In Entfernungen von 20 m ist es u. U. zu empfehlen, Querzäune (Traversen) anzulegen zur Verbindung der beiden Zäune unter einander und mit dem Fuss der Vordüne. Diese Querzäune verhindern das Durchstreichen der Winde in der Längsrichtung der Zäune und tragen zum Auffangen des Sandes bei. Abb. 289 zeigt im Querschnitt und Abb. 291 in der Ansicht das Verfahren bei Ausbesserung grösserer Schäden. Die Querzäune sind in Abb. 291 noch nicht hergestellt. Ist mit Hilfe der Fangzäune die Versandung genügend weit vorgeschritten, so muss das Sandgras gepflanzt werden. Gewöhnlich geschieht dies im Herbst desselben Jahres.

Sind — was selten vorkommt — vollständige Durchbrüche in der Vordüne entstanden, so sind dieselben durch Sandfangzäune und bei sehr tiefen Einschnitten durch Flechtzäune möglichst bald abzuschneiden. Die Zäune sind an der für die Vordüne zweckmässigsten Stelle anzulegen. Eine Verlegung der Linie, wie solches bei Deichbrüchen geschieht, ist bei Vordünen unzulässig.

§ 32.

Sandgrasgärten. Eine Schwierigkeit bei Unterhaltung der Vordünen macht häufig die Beschaffung des nötigen Sandgrases. Besonders ist dies der Fall, wenn ungewöhnlich grosse Schäden entstanden waren, oder wenn teilweise neue Vordünenstrecken angelegt werden müssen. Es ist dann zweckmässig, sofern es die Oertlichkeit gestattet, das Sandgras in sogenannten Sandgrasgärten zu ziehen. Passend gelegene Wanderdünen müssen hierfür zur Verfügung stehen. Haben die Vordünen erst eine genügende Breite und regelmässig ausgebildete Form mit sehr flachen Aussen- und Innenböschungen, so liefern in der Regel sie selbst genügend Sandgras zur weiteren Unterhaltung. Der Bedarf kann dann durch Lichten der Geilstellen gedeckt werden; Sandgrasgärten sind entbehrlich.

Den ersten Sandgrasgarten hat Epha auf dem Walgum bei Rossitten, dem südlichen der dort vorhandenen Wanderdünenberge, angelegt. (S. Abb. 101, S. 163.) Es ist ein runder Berg von geringer Höhe. Er wurde mit breiten Sandgrasbüscheln in 3 bis 4 m Entfernung reihenweise und in Versatz bepflanzt. Auf dem der herrschenden Windrichtung zugekehrten Westhange, sowie auf dem Gipfel des Berges wurden die Sandgräser ausgeweht, auf dem östlichen Hange



Abb. 292. Sandgrasgarten bei Nidden.
(Aufnahme des Verfassers 1898.)

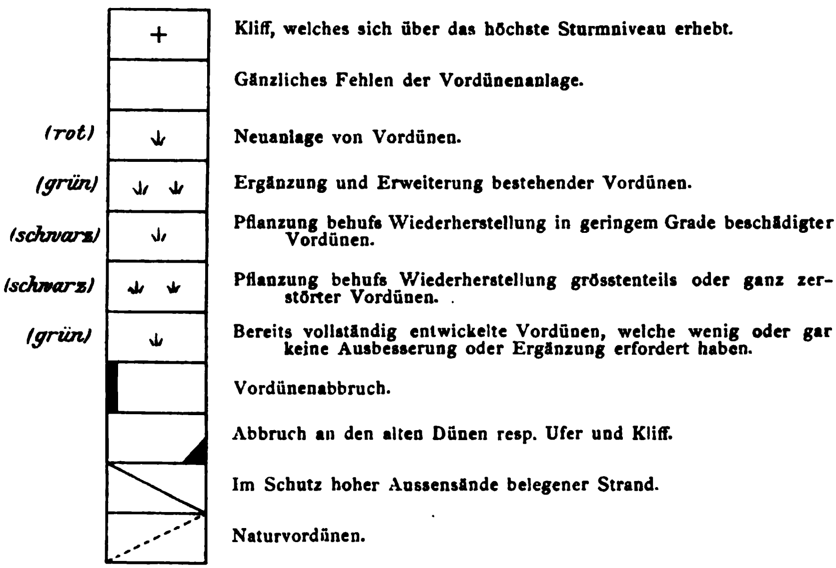
dagegen entwickelten sie sich sehr gut und lieferten besonders in den tieferen Lagen des Berges in wenig Jahren kräftige Horste, welche gutes Pflanzmaterial gaben.

Nach diesem Muster liess Verf. mehrere Sandgrasgärten auf den Wanderdünen der frischen und kurischen Nehrung herstellen. Nach einigen Ahänderungen hatten dieselben stets Erfolge. Es ergaben sich dabei folgende Erfahrungsregeln:

1. Als Baustelle für den Sandgrasgarten verspricht ein solcher Ort auf den Wanderdünen den besten Erfolg, welcher nicht zu sehr

unter dem Einfluss der herrschenden Winde steht, und welcher durch eine fertige Kultur an einer Seite, womöglich an der Luvseite des herrschenden Windes, gedeckt ist. Dann werden sowohl übermässig starke Versandungen wie Auswehungen vermieden.

2. Es ist nicht gut, das Sandgras in Reihen und in Versatz zu pflanzen. Denn bei solcher Regelmässigkeit entstehen durchlaufende Querlinien, durch welche der Wind streicht, den Sand aufwühlt, Furchen aufreisst und die Pflanzen entweder blosslegt oder verschüttet. Viel besser ist es, ganz unregelmässig, ohne Rücksicht auf Reihenordnung oder Versatz, in 4 bis 8 m Entfernung das Sandgras pflanzen zu lassen. Dann kann der Wind nicht im geraden Wege den Sandgrasgarten durchschneiden, das Beschädigen der Büschel hört auf.



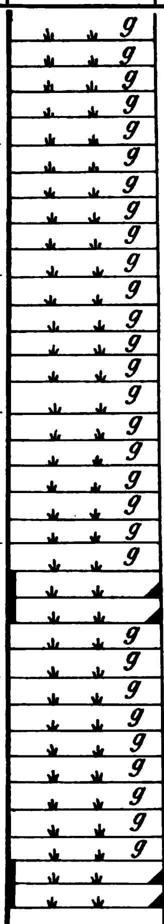
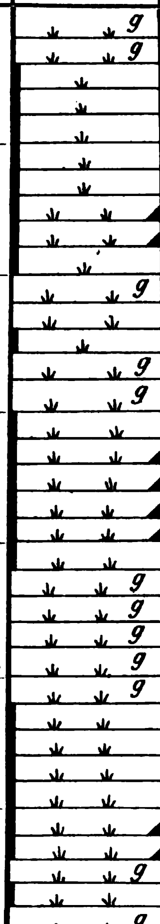
Anmerkung: Unter Strandlinie ist der seeseitige Fuss der Vordünen, und, wo dieser fehlt, die Flucht des Fusses der seeseitigen Abhänge und des Kliffs zu verstehen.

Abb. 293. Darstellung der Vordünenbauten in der Düneninspektion Sylt.

3. Es empfiehlt sich, die Sandgraspflanzen in Kreuzen von 1 m Grösse zu setzen, wie die Abb. 292 des Sandgrasgartens bei Nidden zeigt. Derartige Kreuze halten den Sand fest, aus welcher Richtung er auch kommen mag. Sie werden nicht so leicht ausgeweht wie ein flacher Büschel, das Anwachsen des Sandgrases wird durch den Sandflug begünstigt.

4. Die Gewinnung des Sandgrases darf erst mehrere Jahre nach Anlage des Sandgrasgartens beginnen, wenn die Horste sich genügend

Statistik der Vordünenbauten auf Sylt.

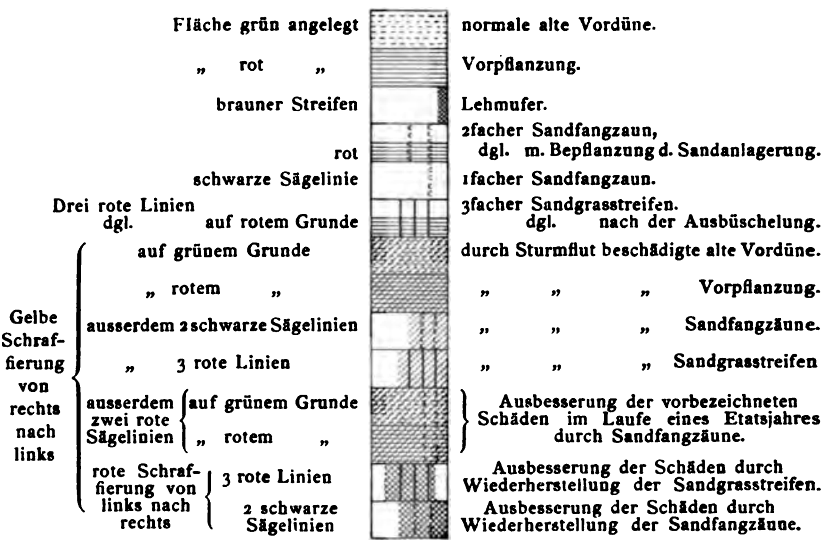
Stat.-No.	Bezeichnung der Situation	Länge der Stationen m	1896/97 Vordünen-Kultur	1896/97 Entfernung des Stationspfahles von der Strandlinie m	1896/97 Entfernung des Stationspfahles von der ord. Hochwasserlinie m	1897/98 Vordünen-Kultur	1897/98 Entfernung des Stationspfahles von der Strandlinie m	1897/98 Entfernung des Stationspfahles von der ord. Hochwasserlinie m	Bemerkungen
13	Ellenbogenberg	500		118	180		125	146	
14		500		172	212		178	187	
15	Buhne XXXIII	500		58	70		61	81	
16	Buhne XXXII	500		252	262		248	278	
17	Buhne XXXI	500		70	84		49	82	
18	Buhne XXX	500		85	105		84	100	
19	Buhne XXIX	500		37	60		39	62	

Bemerkung: Die grüne Farbe der Signatur ist durch Beifügung des Buchstabens „g“ angedeutet.

entwickelt haben. Es darf auch nie durch Ziehen mit der Hand, sondern nur durch Stechen mit dem Spaten erfolgen, damit die Wurzeln in flacher Lage bleiben und gut ausschlagen können.

§ 33.

Statistik über die Unterhaltung der Vordünen. Die Unterhaltung der Vordünen stellt einen steten Kampf mit See und Winden dar. Die Angriffe von Wellen und Wind verteilen sich nie gleich-



Vermerk: Die normale Strandbreite — 35 bis 45 m — wird nicht eingetragen. Die Sandgraspflanzungen eines Etatsjahres werden, soweit dieselben unbeschädigt geblieben sind, für das nächstfolgende Etatsjahr grün übertragen.

Abb. 294. Darstellung der Vordünenbauten im Regierungsbezirk Köslin.

mässig über die Küste; sie sind an einigen Stellen stärker, an anderen schwächer. Auch der Zustand der Vordüne ist nicht überall gleich. Bald ist sie kräftig und widerstandsfähig mit geneigter Aussenböschung und breiter Basis, bald wieder schwächer und leichter Angriffen unterworfen. Es ist wichtig zu wissen, ob die Beschaffenheit der Vordüne, ihre Führung, ihre Höhe, die Breite und Neigung der Aussenböschung, die Breite und Höhe des Strandes, kurz alle Umstände, welche bei Verteidigung der Küste durch die Vordünen von Einfluss sind, im richtigen Verhältnis zu einander und zu den Angriffen von Wind und Wellen stehen.

Hierüber giebt eine gut geführte und übersichtliche Statistik am besten Auskunft. Die Statistik muss die Zustände der Vordünen und die darauf verwendeten Arbeiten Jahr für Jahr erkennen lassen. Man muss ersehen, wo die gefährdetsten Stellen sind, welche die höchsten Unterhaltungskosten verursachen, und ob es möglich ist, durch pflegliche Behandlung der Vordünen eine Festigung zu erreichen, oder ob man zu besonderen Sicherungen des Strandes und des Ufers seine Zuflucht nehmen muss. Die Statistik wird der Kürze und der Uebersichtlichkeit wegen am besten durch Zeichen oder Zeichnungen geführt.

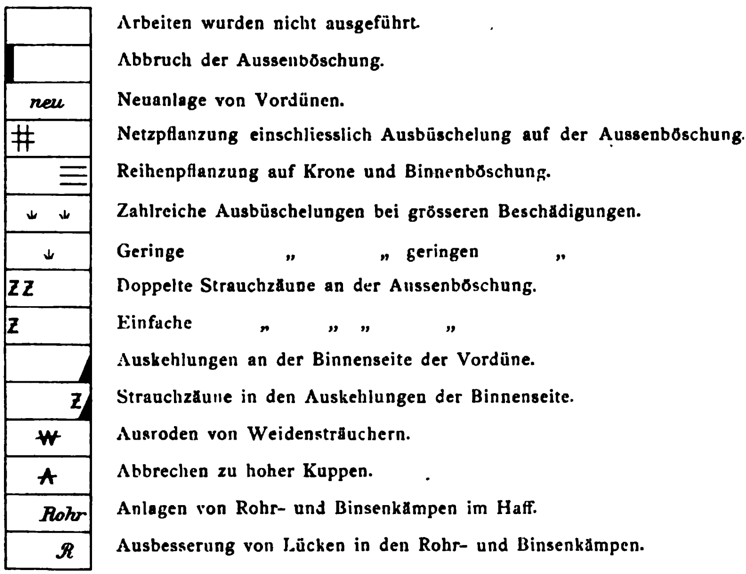


Abb. 295. Darstellung der Vordünenbauten im Regierungsbezirk Königsberg

In einfacher und zweckmässiger Weise werden seit längeren Jahren die Zustände der Vordünen und die Arbeiten an denselben in der Düneninspektion Sylt graphisch dargestellt. Hierdurch wird eine Statistik über die Unterhaltung der Vordünen geführt, welche sich sehr gut bewährt hat. Es werden dabei die in Abb. 293 angegebenen und erläuterten Zeichen benutzt. Ein Beispiel ist in der Tabelle S. 403 mitgeteilt. Das Beispiel ist der Raumersparnis wegen nur auf zwei Jahre beschränkt worden; es werden jedoch die Zustände von fünf Jahren auf einer Seite übersichtlich aneinander gereiht. Die Bezeichnungen sind leicht verständlich und bedürfen keiner Erläuterung.

Auch im Regierungsbezirk Köslin ist seit einigen Jahren eine ähnliche Statistik eingeführt. Hier sind den örtlichen Verhältnissen

entsprechend die auf Abb. 294 angegebenen Zeichen gewählt worden. Die Zeichen bestehen in dem Anlegen und Schraffieren der Flächen mit bestimmten Farben. Die Benutzung der Zeichen geschieht in einer Tabelle, welche derjenigen auf S. 403 ungefähr entspricht.

Die im Regierungsbezirk Königsberg eingeführten Zeichen giebt die Abb. 295. Dieselben sind, um das Eintragen durch die Dünenbeamten zu erleichtern, so gewählt worden, dass die Anwendung von Farben und des Pinsels vermieden werden.

G. Arbeiten an den Kupsten, Schutzstreifen, Wegen und Wasserläufen in den Dünen.

§ 34.

Kupsten hinter den Vordünen. Hinter den künstlich angelegten Vordünen bleiben die Spuren der früheren wilden Zustände längs des Strandes noch lange Zeit bestehen. Es sind unregelmässig gelagerte Bergspitzen, Hügelreihen, mehr oder weniger steile, durch Sandgras oder Weiden befestigte Kämme mit dazwischen liegenden unbefestigten tiefen Einrissen und Windkehlen. Man nennt dies Gelände in Ostpreussen Kupsten nach dem littauischen Wort „kùpstas", welches „kleine Erhöhung" bedeutet. Abb. 296 zeigt das Beispiel einer derartigen Fläche.

Die Beseitigung der Kupsten ist nötig, denn sie enthalten eine Gefahr für den Bestand der Küste, machen das Gelände unwegsam und erschweren dessen künftige Kultur. Die Gefahr ist darin enthalten, dass zwischen den Hügelrücken des Kupstengeländes immer Einsenkungen vorhanden sind, welche tiefer liegen als der Strand, oft nahezu bis zum Wasserspiegel der See sich aushöhlen, so dass, wenn wirklich ein Durchbruch der Vordüne entstehen sollte, das Kupstengelände nicht allein keinen Schutz für das Binnenland bieten, sondern im Gegenteil durch die tiefe und zerstreute Lage seiner Einsenkungen die Zerstörung des Binnenlandes geradezu befördern würde. — Welches Hindernis das Kupstengelände für den Verkehr ist, zeigt besonders die Strecke zwischen Rossitten und Sarkau. Hier ist der Raum zwischen Vordüne und Wanderdüne so gänzlich mit dicht nebeneinander liegenden hohen Sandbergen und tiefen Thälern gefüllt, dass es unmöglich ist, diese Strecke mit Wagen zu befahren. Der Verkehr zieht sich hier auf dem Strande entlang; er hört auf, sobald der Strand bei Unwetter nicht benutzt werden kann. — Der künftigen Kultur setzt das Kupstengelände deshalb Schwierigkeiten entgegen, weil

wegen der stets wechselnden Höhe des Geländes die Bodenfeuchtigkeit veränderlich ist.

Das Ausgleichen der Kupsten durch Erniedrigung der Hügel und Erhöhung der Einsenkungen geschieht nach der im Dünenbau gebräuchlichen Weise durch Benutzung der vorhandenen Kräfte, vor allem des Windes. Auf den Hügeln wird das Sandgras gezogen oder das Weidengebüsch ausgerodet; in den Einsenkungen werden

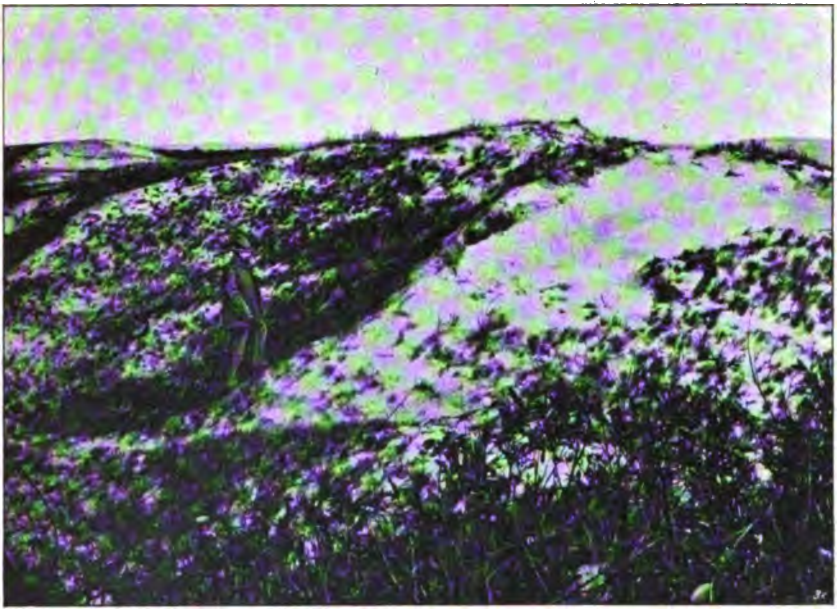


Abb. 296. Kupsten hinter den Vordünen bei Grenzhaus auf der frischen Nehrung. (Aufnahme des Verfassers 1899.)

Strauchzäune quer gegen die herrschende Windrichtung, bei grosser Breite der Einsenkung auch in der Längsrichtung aufgestellt. Etwas derartiges hatte schon Sören Biörn vor hundert Jahren gethan. Wir verweisen auf die Zeichnung seines ersten Versuchsfeldes Abb. 208, S. 292, woselbst e e kreuzweise aufgestellte Zäune zur Erhöhung von Vertiefungen darstellen. Der von den Hügeln durch den Wind abgetriebene Sand wird zum Teil von den Strauchzäunen aufgefangen, und zur Erhöhung der Vertiefungen benutzt, zum Teil fliegt er landeinwärts und verteilt sich über das Binnenland. Das Lichten der Horste auf den Kuppen muss vorsichtig geschehen, damit nicht plötzlich Kahlstellen und tiefe Auswehungen sich bilden. Haben die

Vertiefungen sich genügend erhöht, und die Höhen sich genügend gesenkt, so werden die Flächen durch Sandgras festgelegt.

§ 35.

Festlegung der Wanderdünen durch Sandgras. Die Wanderdünen werden jetzt ausnahmslos durch Aufforstung befestigt. Die Notwendigkeit hierzu, der Wert der Aufforstung für die dauernde Festlegung, war von Anfang an erkannt worden. Aber in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts galt allgemein der Grundsatz, dass eine besondere Festlegung der Wanderdünen durch Sandgras der Aufforstung vorangehen müsse. Beide Thätigkeiten wurden damals getrennt behandelt, die Aufforstung erst dann begonnen, wenn die Festlegung gelungen war. Heut wird dieser Unterschied nicht mehr gemacht, die Aufforstung wird fast gleichzeitig mit der Festlegung der Wanderdünen ausgeführt. Letztere erfolgt in der Regel nicht mehr durch Sandgras, sondern durch das Besteck. (Vergl. IV. Abschn. § 22 und V. Abschn. § 6.)

Dennoch geschieht die Festlegung der Wanderdünen durch Sandgras zum Teil noch heut: dann nämlich, wenn Sandgras in genügenden Mengen zur Verfügung steht. In Hinterpommern sind auf diese Weise ausgedehnte Wanderdünen befestigt worden. Abb. 297 zeigt die Festlegung des Gensdarmenberges östlich von Leba. Das Sandgras wurde in 2 m grossen Netzen mit fünf Ausbüschelungen gepflanzt. Auch bei den Befestigungsarbeiten zwischen Süderspitze und Schwarzort sind die Wanderdünen nördlich von Schwarzort, soweit Sandgras zur Verfügung stand, in gleicher Weise durch 2 m grosse Netze mit Ausbüschelungen befestigt worden. Die Netze wurden mit ihren Längsreihen quer gegen die herrschende Windrichtung gestellt.

Eine derartige Befestigung der Wanderdünen durch Sandgras hat gegenüber der Festlegung durch das Besteck einen grossen Vorzug, nämlich den der Wohlfeilheit. (Vergl. IV. Abschn. § 23 S. 316.) Es hat aber mehrere Uebelstände. Zunächst liegt der Nachteil vor, dass das Sandgras eingeht, sobald der Sandflug aufhört. Es stellen sich zwar dann andere Pflanzen ein als Ersatz für das Sandgras, und diese Pflanzen liefern eine ziemlich feste dichte Narbe. Die Nordseeinseln, auf welchen eine Aufforstung nur schwer zu erreichen ist, sind durchweg mit einer solchen Narbe befestigt. Abb. 298 giebt in dem Boakenthal auf Sylt ein Beispiel für das Aussehen dieser Befestigung. Aber die Gefahr liegt vor, dass diese Gräser nicht eine gleichmässige und feste Benarbung liefern, so dass bei nachlässiger Unterhaltung Sturmschäden auf den Dünen entstehen.

Ein zweiter Nachteil der Festlegung durch Sandgras zeigt sich erst bei der späteren Aufforstung. Die Insekten haben Zeit und Gelegenheit gehabt, sich in dem Dünengrase zu entwickeln, und gefährden die jungen Kiefernpflanzen. Eine Aufforstung, welche der Festlegung durch Sandgras folgt, ist in dieser Hinsicht viel mehr gefährdet als eine andere, welche ohne Sandgraskultur unter Benutzung des Bestecks und Deckreisigs stattfindet.

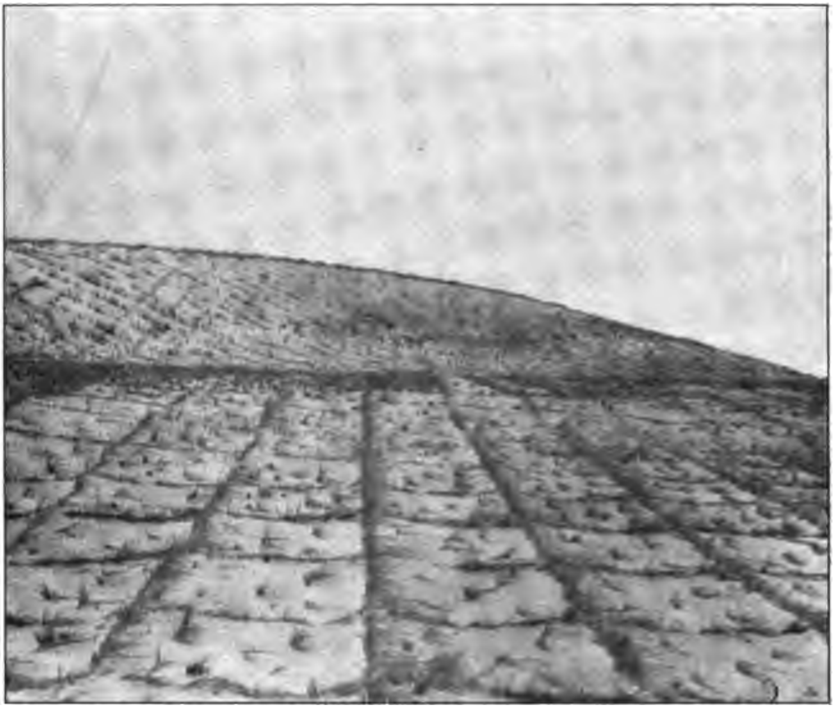


Abb. 297. Festlegung des Gensdarmenberges bei Leba in Pommern durch Sandgraspflanzung. (Aufn. d. Verf. 1898.)

Endlich ist die Schwierigkeit zu berücksichtigen, welche in der Beschaffung des nötigen Sandgrases liegt. Dieser Umstand ist ausschlaggebend für die heutige ausgedehnte Anwendung des Bestecks.

§ 36.

Innere Vordüne. Schutzstreifen. Innere Vordüne nannte Krause (vergl. IV. Abschn. § 15 S. 299) eine auf dem äusseren Fuss der hohen Düne an der Strandseite angelegte Befestigung. Sie sollte „allen vom Strande aufsteigenden Flugsand von der Düne abhalten.

damit die Vermehrung ihrer Masse verhindern, und der Düne Zeit zur allmählichen Abplattung verschaffen." Krause hielt ihre Anlage dann für unerlässlich, wenn ein grosses Dünengebiet befestigt werden sollte, und dazu ein Zeitraum von mehreren Jahren nötig war. Diese Vordüne wurde, wie Abb. 210 S. 300 zeigt, aus einer Sandgraspflanzug gebildet, welche sich an dem seeseitigen Fuss der Wanderdüne hinzog. Eine solche Anlage wird heut nicht mehr ausgeführt: sie ist entbehrlich geworden durch die inzwischen angelegten äusseren Vordünen längs des Strandes, welche den von der See kommenden Sand aufnehmen. Die Bezeichnung „innere Vordüne" ist jetzt fortgefallen und fast ganz unbekannt. Der Zweck aber, welchen Krause bei ihrer Anlage im Auge hatte, besteht unter Umständen und bis zu einem gewissen Grade auch heute noch. Er wird durch andere Anlagen verfolgt, welche man „Schutzstreifen" nennt.

Die Schutzstreifen werden erforderlich, sobald eine Wanderdüne, deren Kultur beabsichtigt ist, durch Sandflug von der Seite leiden könnte. Sandflug von der See ist in grossen Mengen nicht zu befürchten, denn dieser wird durch die äussere Vordüne abgehalten. Aber von den noch ungedeckten Teilen der Wanderdüne neben der Kulturstätte werden durch ungünstige Winde grosse Sandmassen auf die zu kultivierenden Flächen getragen; sie würden die Kulturen ersticken: es ist darum hier ein Schutz geboten. Der Schutzstreifen hat daher fast dieselbe Aufgabe wie die innere Vordüne. Beide unterscheiden sich nur dadurch, dass die innere Vordüne zum Schutz gegen den Seesand am Fuss der Wanderdüne angelegt wurde, während der Schutzstreifen zum Schutz gegen den Binnensand quer über die Wanderdüne sich hinzieht.

§ 37.

Schutzstreifen aus Sandgras. Bei Anlage eines Schutzstreifens ist zu untersuchen, ob derselbe zeitweise oder dauernd in Wirksamkeit bleiben muss, und ferner, ob er sich an der Luv- oder Leeseite der Wanderdüne befindet.

Die Kultur von Wanderdünen erstreckt sich gewöhnlich auf mehrere Jahre. Es sind daher alljährlich Unterbrechungen der Arbeit erforderlich; und damit ist in regelmässiger Wiederkehr die Anlage von Schutzstreifen geboten, welche nur ein Jahr lang wirksam bleiben. Die eine Seite der Kultur ist durch einen zeitweise wirksamen Schutzstreifen zu decken, die andere durch einen dauernd wirkenden. Letzterer ist dann entbehrlich, wenn die Kultur an eine schon fertige Anlage angeschlossen werden kann oder von einem tiefen Einschnitt der Wanderdüne ausgeht.

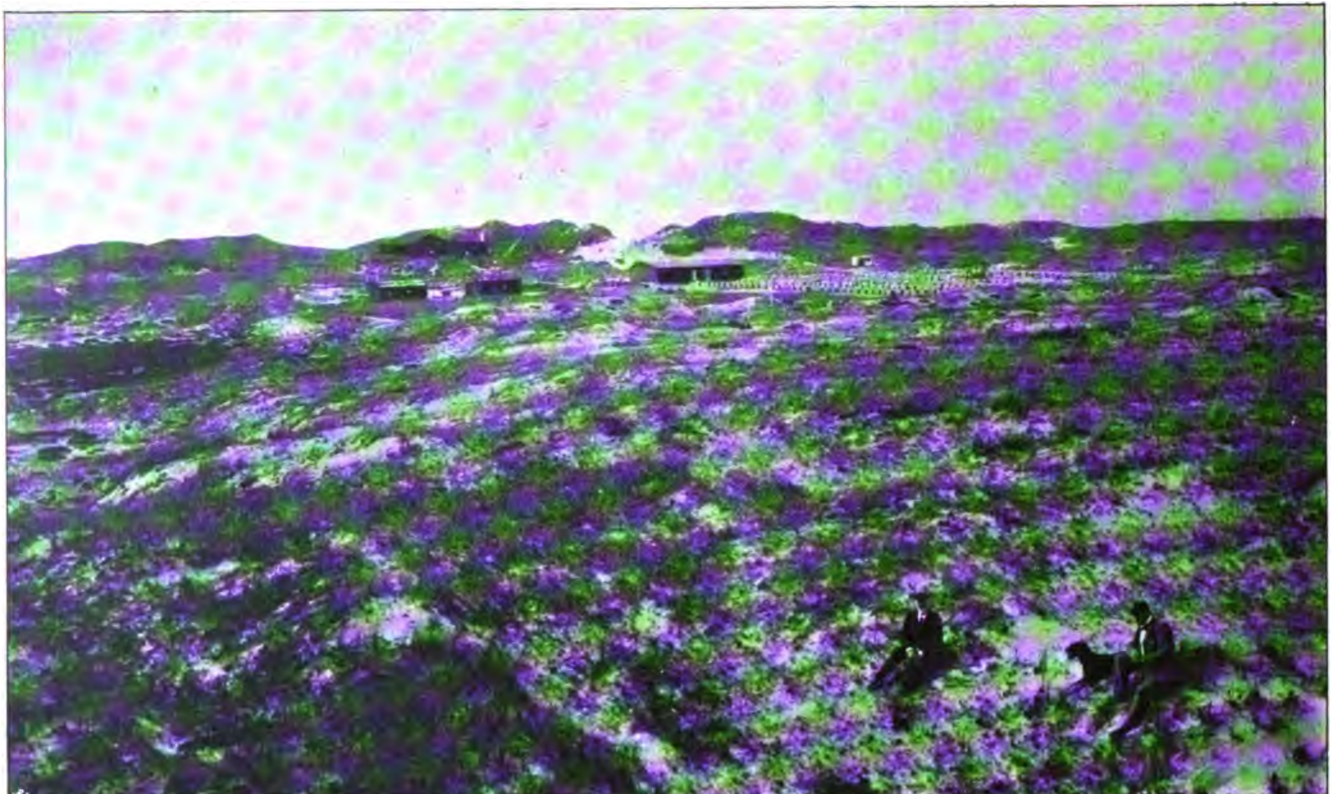


Abb. 298. Festlegung der Binnendünen auf den Nordsee-Inseln. Boakenthal auf Sylt. (Aufn. d. Verf. 1898.)

Diejenige Seite der Dünenbefestigung, welche abwärts von der herrschenden Windrichtung liegt, die Leeseite, ist leichter zu decken als die entgegengesetzte, die Luvseite; denn dieser werden viel reichere Sandmengen von den seitlichen Teilen der Wanderdüne zugeführt als jener. Wenn nicht besondere Gründe dagegen sprechen, muss man daher stets die Befestigung einer Wanderdüne an der Luvseite beginnen und nach der Leeseite fortsetzen. Dann ist es möglich, der stark angegriffenen Luvseite einen dauernd sicheren Schutz zu geben, und die alljährlich neu erforderlichen Schutzstreifen können an der leichter zu deckenden Leeseite angelegt werden. Ausnahmen von dieser Regel soll man nur notgedrungen zulassen. Eine solche Ausnahme war zum Beispiel bei der Befestigung der Wanderdünen zwischen Süderspitze und Schwarzort geboten, weil es sich hier um die Sicherstellung des Memeler Fahrwassers handelte: Diejenige Dünenseite, welche das Fahrwasser am meisten bedrohte, musste zuerst geschützt werden, und dies war die Nordost- oder Leeseite des Dünenzuges.

Ist ein fester Stützpunkt für den normalmässigen Beginn der Kultur an der Luvseite, also eine fertige Kultur oder ein tiefer Einschnitt in der Wanderdüne, nicht vorhanden, so muss ein solcher mitten im Dünengebiet durch Anlage eines Schutzstreifens künstlich geschaffen werden. Ein solcher Schutzstreifen muss dauernd, d. h. für eine lange Reihe von Jahren wirksam bleiben können. Der Fall tritt gewöhnlich ein, wenn es sich um den Schutz von Ortschaften vor Ueberdeckung durch Wanderdünen handelt.. Ein solcher dauernd oder für nicht absehbare Zeit wirksamer Schutzstreifen wird wie früher die innere Vordüne aus Sandgras hergestellt.

Die Richtung des Schutzstreifens muss im Zuge der vorherrschenden Windrichtung liegen. Denn da die kultivierte Fläche durch den Schutzstreifen gegen die Ueberdeckung durch Sandflug geschützt werden soll, so ist damit zu rechnen, dass der Schutzstreifen selbst viel Sand empfängt und aufnimmt. Seine Fähigkeit, gegen Sandflug zu schützen, ist daher umsomehr gesichert, je mehr er selbst vor dem Sandflug bewahrt bleibt. Und dies geschieht, wenn ihn die vorherrschende Windrichtung nicht quer, sondern der Länge nach trifft. Der Schutzstreifen an der Westseite der Pillkoppener Befestigung (Abb. 216 S. 315) ist ein dauernd wirksamer Schutzstreifen; er besteht aus Sandgras und liegt in der Richtung des herrschenden Windes.

Die Breite des Schutzstreifens kann, wenn er sich an der Luvseite befindet, auf 60 bis 100 m bemessen werden. An der Leeseite genügen 40 bis 60 m. Dies ist z. B. die Breite des an der Leeseite befindlichen Schutzstreifens von Nidden, welcher sich gut bewährt hat.



Abb. 299. Schutzstreifen bei Pillkoppen auf der kurischen Nehrung. (Aufn. d. Verf. 1898.)

Der Schutzstreifen von Pillkoppen hat 120 m Breite, ein Maass, welches etwas zu gross ist. Es lässt sich dies aus der in Abb. 299 ersichtlichen eigentümlichen Querschnittsform, welche eine doppelte Rückenbildung zeigt, deutlich erkennen.

Das Pflanzen des Sandgrases kann auf dem Schutzstreifen in 2 m grossen Netzen und mit schwacher Ausbüschelung ausgeführt werden. Je näher der Wanderdüne, um so lichter muss die Pflanzung in den Reihen und um so geringer die Zahl der Büschel sein; denn es trifft hier dasselbe zu, was Krause bezüglich seiner inneren Vordüne (Der Dünenbau S. 102) sagt. Er empfiehlt die weiteste Sandgraspflanzung, (I. Klasse im § 15 S. 356) weil hier „die Sandgräser ausserordentlich wuchern, indem ihnen eine grosse Menge Flugsand, besonders von der hohen, noch unbebauten Düne zugeführt wird, und die Pflanzen, wenn sie dichter eingelegt werden, sich bald drängen und verderben würden“.

§ 38.

Schutzstreifen aus Besteck. Schutzstreifen, welche nur zeitweise wirksam bleiben sollen, welche also einer Dünenbefestigung Sicherheit gegen die Ueberschüttung durch die benachbarten Wanderdünen nur während eines Baujahres geben sollen, werden am besten aus Besteck hergestellt. Dann liegt die Möglichkeit vor, dies Besteck ohne weiteres für die Befestigungsarbeiten des nächstfolgenden Jahres zu benutzen. Das hieraus sich ergebende Bausystem ist durch den Dünenmeister Schiweck unter Oberleitung des Hafenbauinspektors Dempwolff in Memel bei den umfangreichen Arbeiten zur Befestigung der Wanderdünen zwischen Süderspitze und Schwarzort auf der kurischen Nehrung ausgebildet worden. Die Abb. 300 u. 301, sowie der Lageplan Abb. 220, S. 322, geben eine Erläuterung.

Die Befestigungsarbeiten der Wanderdüne durch Strauchbesteck werden in gewöhnlicher Weise mit 4 m grossen Netzen nach § 6 hergestellt. Ist man nahe derjenigen Grenze gekommen, bis zu welcher voraussichtlich in dem laufenden Jahre die Kulturen gebracht werden können, so wird statt des Strauches Rohr zum Besteck verwendet, und der Schutzstreifen angelegt. Rohr eignet sich hierfür besser als Strauch, denn es ist glatt und kann bei eintretender Versandung leichter in die Höhe gezogen werden als das sperrige Strauch. Ferner hat es den Vorteil, wohlfeiler zu sein. Sollten durch schnelle Ueberschüttung einige Stellen des Bestecks ganz versanden und erneuert werden müssen, so ist der Verlust nicht so empfindlich wie beim Strauchbesteck. Endlich bietet die Wohlfeilheit des Rohrbestecks die Möglichkeit, es in grösseren Längen zu verwenden. Dies ist ein wesentlicher Vorteil im Schutzstreifen: denn durch die grössere

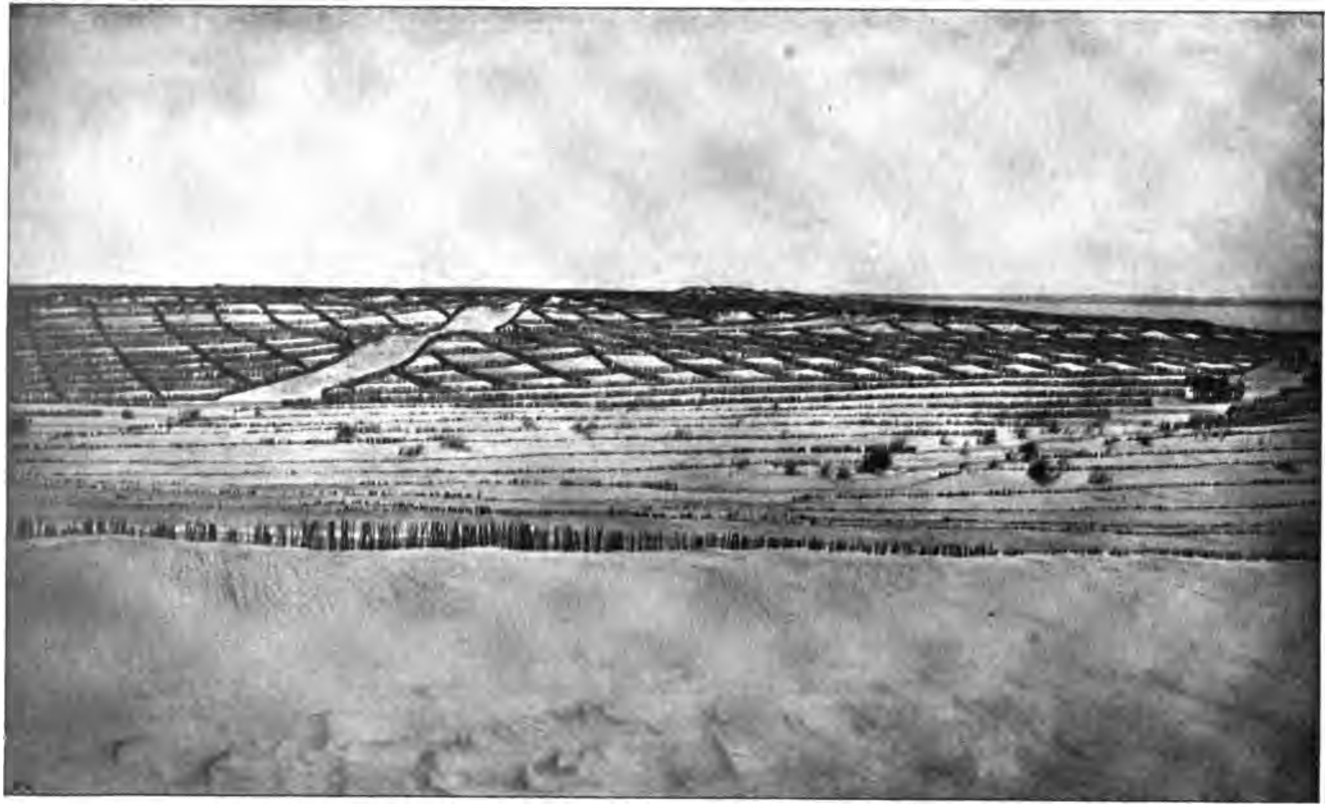


Abb. 300. Rohrschutzstreifen zwischen Süderspitze und Schwarzort a. d. kur. Nehrung. (Aufn. d. Verf. 1898.)

Länge wird der Versandung wirksam begegnet, und die Möglichkeit des Herausziehens erleichtert. In dem Bezirk der Memeler Hafenbauinspektion wird das Rohrbesteck zum Schutzstreifen auf 0,6 bis 0,7 m Länge geschnitten, während das anschliessende Strauchbesteck nur 0,45 bis 0,50 m Länge hat. Je näher der Wanderdüne, um so länger muss das Rohr sein.

Wie die Abbildungen 220 und 300 zeigen, besteht der Schutzstreifen immer aus zwei Teilen: einem 80 m breiten Streifen, welcher nur Querreihen enthält, und einem 84 m breiten mit Längs- und Querreihen. In beiden Teilen werden diejenigen Arbeiten nicht ausgeführt, welche die nächstjährige Kultur vorbereiten, nämlich das Aufbringen der Dungerde, das sogenannte Plätzemachen. Es kann also eine grössere oder geringere Uebersandung in beiden Teilen des Schutzstreifens ohne erheblichen Schaden eintreten.

Der 80 m breite äussere Streifen, welcher in Abb. 301 besonders dargestellt ist, hat zunächst den Kampf mit der Wanderdüne aufzunehmen. Er erhält daher nur 20 Querreihen von je 4 m Entfernung. Lücken in den Reihen werden da offen gelassen, wo Durchfahrten in schräger Richtung zur Beibringung des Materials erforderlich sind.

Der anschliessende 84 m breite Streifen erhält Netzwerk von 4 m Grösse wie das Strauchbesteck. Es wird auch wie bei diesem jedes siebente Querfeld nicht mit Längsstreifen durchsetzt, damit dasselbe als Zufahrtsweg dienen kann.

Derartige Schutzstreifen sind überall da am Platze, wo ausgedehnte Befestigungsarbeiten regelmässig fortgesetzt werden sollen. Sind die Arbeiten von geringem Umfange, so kann auch Sandgras zu den zeitweise erforderlichen Schutzstreifen verwendet werden, sofern Sandgras in genügender Menge verfügbar ist. So liess Verf. für die Befestigungsarbeiten des Parniddener Berges bei Nidden, für welche nur geringe, auf mehrere Jahre verteilte Mittel zur Verfügung standen, den zeitweise erforderlichen Schutzstreifen aus 2 m grosser Netzpflanzung von Sandgras ausführen. Diese Netzpflanzung behinderte nicht die demnächst folgende Bepflanzung mit Kiefern in 1 m weitem Verbande.

§ 39.

Wege in den Dünen. Wege über die Dünen stören die Gleichmässigkeit der Festlegung und bilden darum immer eine Gefahr für den Bestand der Dünen. Ihre Anlage ist aber unvermeidlich; denn sie sind erforderlich sowohl für den Verkehr der Ortschaften und Gehöfte untereinander, wie für die Verbindung der Dörfer und ihrer Fischereibevölkerung mit der See.

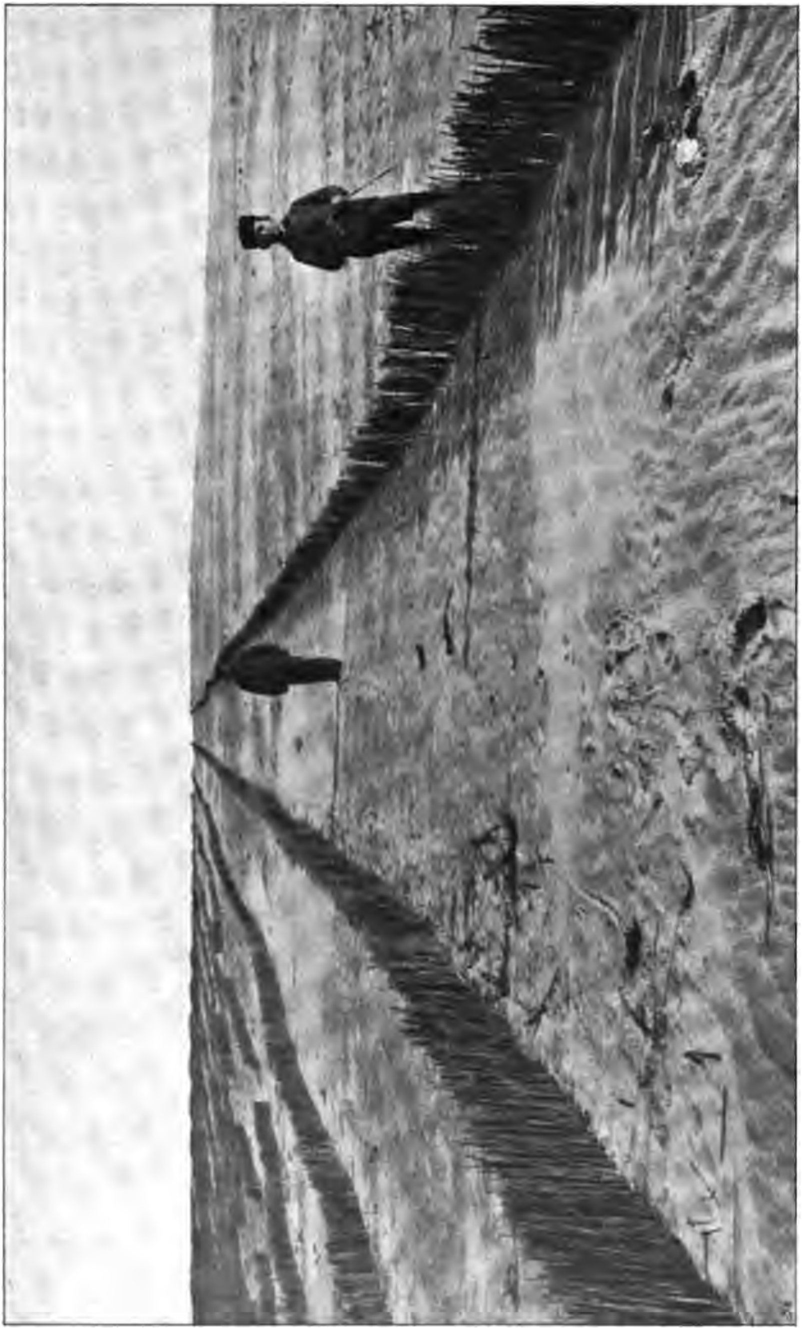


Abb. 301. Schutzstreifen aus Rohr zur Festlegung der Wanderdünen zwischen Süderspitze und Schwarzort auf der kurischen Nehrung.
(Aufnahme des Verfassers 1898.)

Man darf niemandem überlassen, sich Wege selbst über die Dünen zu suchen. Denn so schwierig es ist, den leichten Sandboden zu befestigen, so leicht ist es, eine einmal befestigte Fläche zu lockern. Es müssen daher die Wege über die Dünen stets genau bezeichnet werden. Auch ist ihre Breite zu bestimmen, damit der Willkür der Fussgänger und Fuhrleute begegnet werde, welche mit Vorliebe diejenigen Stellen aufsuchen, die am dichtesten mit Dünengras bewachsen, also am festesten sind.

Sehr schwierig ist die Anlage von Wegen über die Vordünen. Das Abstecken, die genaue Bezeichnung derselben durch Pfähle genügt nicht immer. In der Nähe von Wohnorten ist oft ihre Begrenzung durch einfache Drahtzäune u. U. durch Stacheldraht geboten. Das sicherste Mittel, um das willkürliche Betreten der Vordünen zu beschränken, bildet aber stets die Befestigung der Wege. Denn da das Gehen und Fahren in dem lockeren Dünensande sehr beschwerlich ist, so vermeidet jedermann von selbst das Abweichen von einer gut festgelegten Strasse.

Die Befestigung der Fusswege erfolgt am einfachsten durch Ausstreuen von kleingehacktem Kiefernreisig. Laubholz empfiehlt sich nicht in gleichem Maasse. Gerade die Nadeln des Kiefernreisigs haften im Sandboden und befestigen denselben. Noch besser als Reisig ist eine dünne Lage Lehm mit Kiesüberdeckung. Eine 2 bis 3 cm starke Lehmdecke und eine 1 bis 2 cm dicke Kiesschicht über derselben genügt in den meisten Fällen.

Bei der Führung eines Fahrweges durch die Vordüne ist die Richtung desselben von grösster Bedeutung. „Die Fahrwege verwandeln sich gewöhnlich in tiefe Rinnen, die um so vollständiger sich ausbilden, also auch um so nachteiliger sind, je weniger der hindurchziehende Luftstrom durch dahinter liegende höhere Dünen unterbrochen wird. Beim Abstecken der Wege muss man also darauf Rücksicht nehmen, sie so zu legen, dass der Wind nicht mit zu grosser Heftigkeit hindurchstreichen kann, auch muss ihre Richtung nicht mit derjenigen der herrschenden und stärksten Winde übereinstimmen.“ (Hagen III 2, S. 133). In breiten Vordünen sind die Wege mit gutem Erfolg S- oder C-förmig gekrümmt, abweichend von der herrschenden Windrichtung, angelegt worden. (Vergl. Abb 302.)

Da in den Fahrwegen der Vordünen das Aufkommen von Sandgras unmöglich, der Sand daher hier immer locker und ungebunden ist, so tritt fast regelmässig selbst bei gekrümmter Führung der Wege eine Vertiefung derselben ein. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, den Fuss der Seitenböschungen zu befestigen. Es geschieht dies durch Strauchzäune oder besser durch niedrige Flechtzäune von 0,2 bis

0,6 m Höhe. Abb. 302 zeigt einen derartig befestigten Weg durch eine Vordüne bei Mellneraggen nördlich von Memel. Eine andere Sicherung der Wege findet in den Vordünen selten statt.

Im Binnendünengelände werden die Fahrwege derartig angeordnet, dass sie von Natur schon fest sind. Sie werden daher mit Vorliebe durch die niedrigen Dünenflächen zwischen Vordünen und Binnendünen geführt, welche man auf der frischen Nehrung Glowwen, auf der



Abb. 302. Weg durch die Vordüne bei Mellneraggen.
(Aufnahme des Verfassers 1899.)

kurischen Palwen nennt, und deren wenig tiefer Grundwasserstand zur Befestigung des Sandes beiträgt. Dann bedarf der Weg bei geringem Verkehr einer besonderen Befestigung nicht. Nimmt der Verkehr zu, oder liegt das Gelände höher und trockener, so ist die Befestigung des Weges erforderlich. Hierzu wird überall dasjenige Material verwendet, welches am leichtesten zu haben ist.

In den ersten Jahren der Dünenkultur wurde Moorerde zur Befestigung der Wege benutzt. Sie wurde in den ehemaligen Danziger Dünen aus den benachbarten Niederungen entnommen, in 5 bis 8 cm Stärke aufgefahren und gleichmässig verteilt. Dasselbe Verfahren ist auch jetzt noch da gebräuchlich, wo Moor zur Verfügung steht.

Viel häufiger kommt Rasen bei der Wegebefestigung in Anwendung. Auf den Schleswigschen Nordseeinseln werden Plaggen aus Heidekrautrasen gestochen und damit die Wege gleichmässig belegt. Grasrasen erhalten die Wege in den Glowwen der frischen und den Palwen der kurischen Nehrung. Ausbesserungen werden hier mit seitlich entnommenen Rasenstücken ausgeführt; die unsichere Lage dieser Stücke in dem lockeren Sande führt jedoch bald zu neuen Beschädigungen. Nach den Erfahrungen des Dünenmeisters Kemnitz auf der frischen Nehrung ist es besser, die Wegstelle, welche ausgebessert werden soll, zuerst zu vertiefen, und in den Gleisen mit kurzem Knüppelholz von 0,3 bis 0,5 m Länge dicht auszupacken, dann mit kleinem Reisig und Mooserde zu verfüllen, und darauf erst die Rasendecke aufzubringen.

Die beste Sicherung von Fahrwegen bildet immer, auch aut trockenen Stellen, eine schwache Decke von bindigem Boden, Lehm oder Thon mit Kiesdeckung. Je nach der Bedeutung des Weges, dem zu erwartenden Verkehr und der Schwere der Lastfuhrwerke ist eine Decke von 10 bis 15 cm Stärke aufzubringen, darüber demnächst eine 8 bis 10 cm starke Schicht Kies.

Für die Geradeführung der Wege ist es oft notwendig, Dünenrücken zu durchstechen. Der Weg ist derartig zu führen, dass die hierbei entstehenden Kosten möglichst gering werden. Ein hoher, schmaler Rücken ist oft mit geringeren Kosten zu durchstechen als ein flacher aber breiter Rücken. Die Befestigung der Seitenböschung geschieht nach Abb. 303 am einfachsten dadurch, dass Rohr in flachen, dünnen Lagen horizontal auf die Böschung gelegt und mit lotrecht gestellten Durchforstungsstangen bedeckt wird. Bei grosser Höhe des Berges folgen diese in mehreren Längen aufeinander, und werden durch quergelegte Stangen und Hakenpfähle befestigt. Unter dem Rohr bildet sich von selbst eine Narbe von Gräsern und Kräutern, so dass, wenn Rohr und Stangen verfault sind, die Böschung sich hinreichend begrünt und befestigt hat.

§ 40.

Wasserläufe durch die Dünen. Die Dünengelände entwässern zum geringen Teil nach der See, zum grösseren nach denjenigen Binnengewässern, welche sich bei fast allen Dünen Deutschlands als grosse Wasserbecken hinter dem Meere hinziehen. Die Führung und Befestigung der Entwässerungsgräben nach diesen Gewässern macht dann keine Schwierigkeiten, wenn die Dünen festgelegt sind. Sind die Dünen unbefestigt, so treten Versandungen ein, welche zu Baggerungen führen. Die Grabenränder sind mit Erlen zu besetzen.

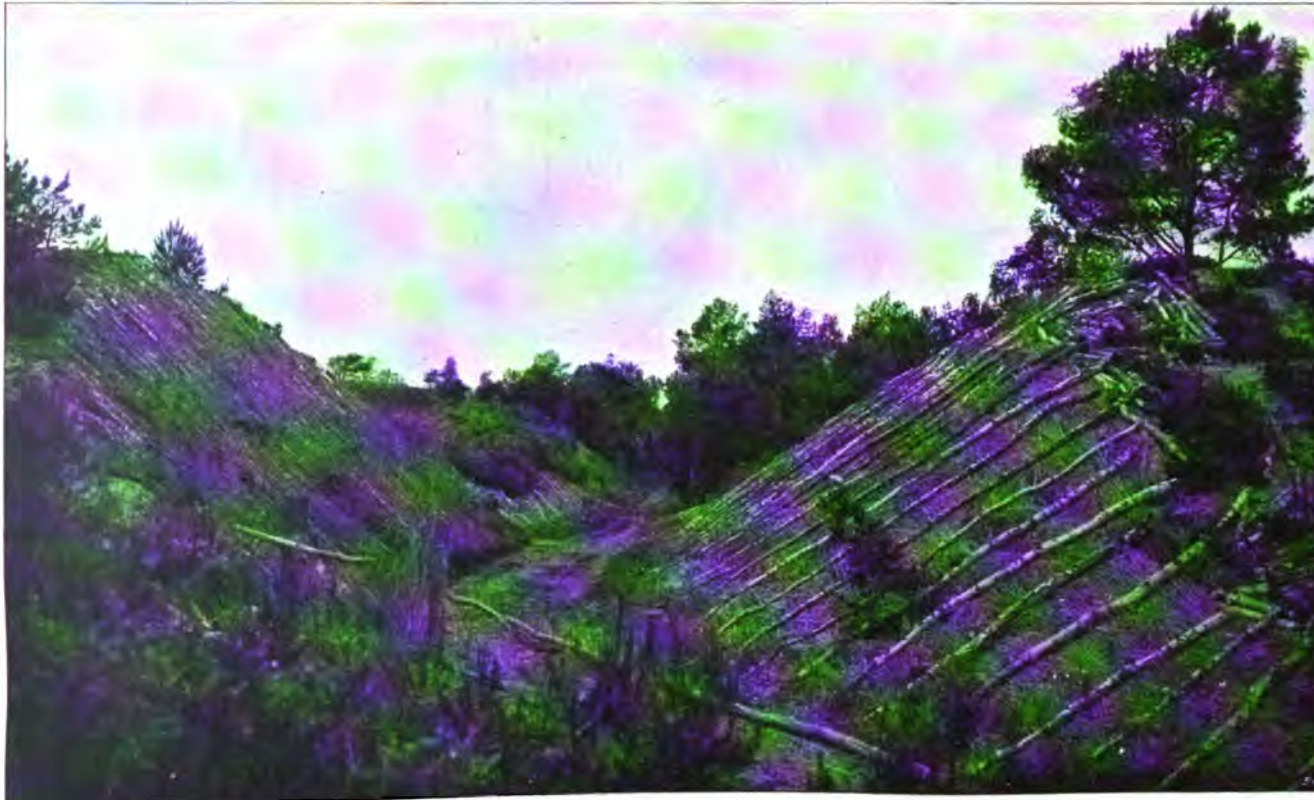


Abb. 303. Hohlweg in den Dünen bei Strauchbucht auf der frischen Nehrung. (Aufn. d. Verf. 1898.)

sind abzuschrägen und durch Dünengras zu befestigen. Unter Umständen sind hier Strauchzäune in netzförmiger Anordnung erforderlich und die Festlegung der Böschung durch Deckreisig.

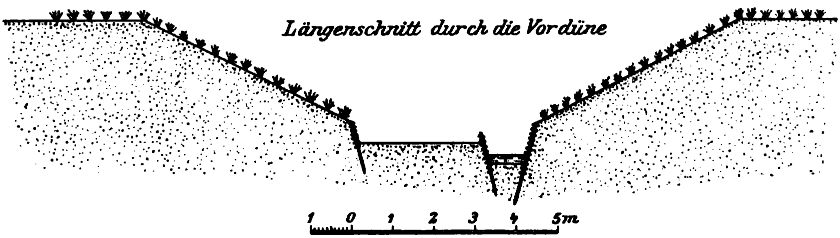


Abb. 3o5. Führung eines Fahrweges und eines Grabens durch die Vordüne.

Ist ein Wasserlauf mit einem Weg gemeinsam durch die Vordünen zu führen, so ergiebt sich ein Querschnitt nach Abb. 3o5. Der Wasserlauf zieht sich längs der einen Seite des Weges hin, seine Böschungen werden mit Flechtzäunen eingefasst; der Weg wird durch Deckreisig gegen Auswehungen gesichert, und die Böschungen der Vordüne werden durch Sandgras befestigt.

Sechster Abschnitt.

Aufforstung der Dünen.

A. Aeltere Kulturen.

§ 1.

Einstige Bewaldung. Es erscheint unzweifelhaft, dass überall längs der deutschen Ostseeküste, wo jetzt hohe kahle Sanddünen gefahrdrohend emporragen und Zeugnis ablegen von dem gewaltigen Wirken uneingeschränkter Naturkräfte, dass dort vor Jahrhunderten üppige Wälder sich ausdehnten, meist reine Nadelholzbestände bildend, zum Teil auch gemischt mit Laubhölzern — Wälder, in denen mächtige glattschäftige Kiefern vorherrschten und schlanke Fichten, herrliche alte Eichen, Rot- und Hainbuchen, Linden, Aspen und Weiden horst- und stammweise eingesprengt waren oder Erlenbrücher eine angenehme Abwechslung hervorbrachten. Es sind dies Bestandsbilder, wie sie auch heute noch in Ost- und Westpreussen, in Pommern und Mecklenburg, unmittelbar an der Küste, unbeeinflusst durch die brandende See, uns vielfach entgegentreten, oder als Ueberreste grösserer Waldkomplexe hinter den verderbenbringenden Wanderdünen auf der kurischen oder frischen Nehrung, auf der Halbinsel Hela oder in Hinterpommern zu finden sind. Abb. 306 stellt den Ueberrest eines alten Kiefernbestandes bei Schmolsin in Pommern (Regierungsbezirk Köslin) dar, der, auf altem Waldboden stockend, gemischt ist mit bei- und unterständigen Hainbuchen, Eichen, Aspen u. s. w.; den Boden deckt eine üppige Flora, die von dem aufgespeicherten Humus Kunde giebt; nach der See hin ragen die hohen Dünen empor, die erbarmungslos auch über diesen Bestand hinweggewandert wären, wenn Menschenhand der Natur nicht Halt geboten hätte. Abgesehen von diesen Bestandsresten sprechen für die frühere Bewaldung ältere Karten, wie die Hennenbergersche von 1576, verschiedene Urkunden, Kirchenbücher, die im Munde des Volkes



Abb. 306. Alter Kiefernwald auf den Dünen bei Schmolsin in Pommern.
(Aufnahme von P. Gerhardt 1898.)

gebräuchlichen, auf einen Wald, auf Baumgruppen oder bestimmte Holzarten bezüglichen Bezeichnungen für einzelne Orte und Berge und ganz besonders die vielfach wieder zu Tage tretenden Humus- und Moorschichten des alten Waldes, sowie Stubben, matt silbergrau gefärbte Stammteile und Hornäste, Zapfen und Samen. Die Dünen sind über die Waldbestände hinweggewandert, alles pflanzliche Leben vernichtend, überschüttend und begrabend, bis nach Jahrhunderten seeseitig jene Reste wieder zum Vorschein kamen. Wir verweisen auf die weiteren Ausführungen im I. Abschn., §§ 40, 43—45, und II. Abschn., §§ 7 und 8.

Anders liegen die Verhältnisse an der Nordsee. Hier tritt, soweit der Verf. dies hat feststellen können, der Wald nirgends bis an das Meeresufer heran, selbst da nicht, wo der Boden die Vorbedingungen für das Gedeihen unserer Waldbäume bietet. Die Nordsee-Inseln, sowohl die ost- wie die nordfriesischen, sind vollständig kahl und baumlos; nur innerhalb der Ortschaften und Dörfer in geschützter Lage finden sich einzelne, zum Teil auch von den Stürmen zerzauste Bäume, Eschen, Ahorn, Rüstern, Linden, Weiden, Schwarz- oder Silberpappeln. Die Inseln Langeoog, Amrum, Röm weisen kaum einen schattenspendenden Baum auf; auf Helgoland gedeihen im Unterland, geschützt durch den gen Norden vorliegenden Felsen, Linden und Bergahorn leidlich, während im Oberland nur einige zwerghafte Exemplare zu finden sind; das sogenannte Helgoländer Gehölz besteht aus wenigen kurzschäftigen Birnbäumen, die von starken breitkronigen, 4—5 m hohen Weissdornstämmen umgeben sind; die Düne ist gänzlich kahl. Angenehm tritt die Insel Föhr gegen ihre Schwestern durch üppigen Baumwuchs hervor, welcher dem ca. 72 qkm grossen Eiland Reiz und Anmut verleiht. Im Seebade Wyk sowohl wie in den im Südosten gelegenen Dörfern sind die Gehöfte und Strassen mit alten breitkronigen Eschen, Rüstern, Linden und Weiden eingefasst und die Gärten mit fruchttragenden Obstbäumen bestanden. Im Norden und Westen der Insel hört auch auf Föhr der Baumwuchs fast gänzlich auf. Als Spezialität der Insel Spiekeroog mögen sieben Schwarzkiefern (p. austr.) erwähnt werden, welche in Brusthöhe einen Durchmesser von 18—22 cm haben, unmittelbar hinter der nördlichen Dünenkette, westlich des Dorfes, stehen, unbekümmert um das Getose des Meeres und der Stürme ihre schwarzgrünen Kronen frei und schlank emporrecken und sich gegen den gelben Dünensand weithin sichtbar abheben.

Beweise dafür, dass die Nordseedünen oder das von ihnen überlagerte Gelände dereinst bewaldet waren, lassen sich mit Sicherheit nicht erbringen. Die Wahrscheinlichkeit spricht nicht dagegen.

Vereinzelt im Boden gefundene Stämme, Stubben u. dergl. berechtigen zu dem Schluss, dass vor Jahrhunderten Waldesgrün und Waldesluft die jetzige einförmige Landschaft belebte und Schutz gegen die rauhen Seewinde gewährte.

§ 2.

Frühere Aufforstungsversuche. Ueber die Entwickelung des Dünenbaues an der Ostseeküste durch Titius, Sören Biörn, Krause u. a. wird auf die ausführlichen Darlegungen im IV. Abschn., §§ 7—16, verwiesen. Die ersten Aufforstungsversuche, welche auf der frischen und kurischen Nehrung zu Anfang dieses Jahrhunderts ausgeführt waren, hatten nur teilweise einen Erfolg gehabt. Ueberall da, wo man die kahlen Dünen ohne Rücksicht auf ihre Höhe und Lage besäte oder bepflanzte, vernichteten Sand und Wind alle pflanzlichen Keime. Der Verf. hat derartig begründete Bestände nirgends mehr ermitteln können. Dagegen haben Kulturen, welche auf nur wenig über dem Grundwasser sich erhebendem Dünengelände mit frischem Sandboden und in geschützter Lage oder auf feuchten Einsenkungen ausgeführt worden sind, ihrem Zweck, einen Schutzwald zu schaffen, völlig entsprochen. Es sind zu Ende des vorigen und zu Anfang dieses Jahrhunderts auf der ganzen kurischen Nehrung und auf der frischen Nehrung bis Bonsack hin umfangreiche, 60—80 und selbst bis 100jährige Bestände entstanden, teils reine Kiefern, teils Kiefern gemischt mit Birken, Weiden und Aspen, zum Teil auch Laubholzbestände der vorgenannten Weichhölzer, ganz besonders aber Erlenbestände, die meist in paralleler Richtung zum Seestrande verlaufen und eine langgestreckte schmale Form haben.

Solche ältere reine Kiefern- oder mit Laubhölzern mehr oder weniger durchsetzte Kiefernbestände finden wir auf der kurischen Nehrung westlich des Dorfes Nidden, in der Nähe von Rossitten, bei Cranz (die sogenannte Plantage), auf der frischen Nehrung östlich von Gross-Bruch (das sogenannte russische Lager), ebenso westlich davon in unmittelbarem Anschluss an das Dünenmeistergehöft, bei Polsk (Narmeln), nachweislich in der Zeit von 1835—1840 zum Schutz dieser Ortschaft durch Zapfensaaten begründet (vergl. IV. Abschn. § 15), ferner bei Kahlberg und in den zur Oberförsterei Steegen gehörigen Schutzbezirken Pasewark und Neufähr (unweit Bohnsack). Erlenbrücher, mit haubarem Holz bestanden oder bereits durch Stockausschlag und Lodenpflanzung verjüngt, nehmen auf der kurischen Nehrung und auf dem ostpreussischen Teil der frischen Nehrung grosse Flächen ein und lassen sich nicht einzeln aufführen. Abb. 307

zeigt uns einen zu Anfang dieses Jahrhunderts auf frischem, flachgründigem Sandboden durch Saat begründeten Kiefernbestand in der Nähe des Dünenmeistergehöfts Gross-Bruch auf der frischen Nehrung, der, schlank und gutwüchsig, gemischt ist mit Birken und Aspen und unterstellt mit zahlreichem Wachholder. Die schräge Stellung einzelner Stämme deutet die Wirkung der Seewinde an.

Die günstige Wirkung aller dieser Bestände tritt noch heute dem aufmerksamen Beobachter klar vor Augen. Wenn auch bisweilen die seeseitigen Ränder vom Sande überlagert worden sind, haben sie doch dem weiteren Vordringen des Sandes einen Riegel vorgeschoben, haben dem dahinter und seitlich gelegenen Dünengelände Schutz gewährt gegen die aushagernden Winde, haben den lockeren, leicht beweglichen Sand beruhigt und zur Folge gehabt, dass grosse Dünenstrecken ohne jedes Zuthun des Menschen sich mit einer aus Gräsern und Kräutern bestehenden Narbe überzogen und für die spätere Aufforstung vorbereitet wurden, haben auch der natürlichen Besamung in nicht unerheblichem Umfange Vorschub geleistet.

Die von Biörn für die Wiederbewaldung angewandten Kultur methoden blieben noch für eine lange Reihe von Jahren maassgebend, wurden aber allmählich, besonders durch den Königlichen Dünenbauinspektor Krause (1820) nach den gesammelten Erfahrungen geläutert und ausgebaut; Freisaat von Laub- und Nadelhölzern kam auf den hohen Dünen gänzlich in Fortfall.

Etwa bis zum Jahre 1860 reicht für die kurische und frische Nehrung die erste Epoche der Wiederbewaldung. Trotz mancher Fehlgriffe, namentlich in der Auswahl der Holzarten, in dem Pflanzenverbande, in der gänzlich unterlassenen oder ungenügenden Nachbesserung, ist in dieser Zeit, berücksichtigt man die geringen Mittel, die zur Verfügung standen, Grosses geleistet; man muss den Männern der Praxis, die dies zu Wege gebracht haben, noch heute für ihre Thätigkeit aufrichtigen Dank zollen; sie haben den Epigonen die Arbeit erheblich erleichtert, ihnen das Feld vorbereitet und ihnen Gelegenheit geboten, aus dem Vorhandenen zu lernen, zu entnehmen, was nachzuahmen, was zu vermeiden ist.

Der Zeitabschnitt von 1860—1870 bildet mit der zunehmenden Erstarkung Preussens den Uebergang zu dem Aufschwunge, den seit der Wiederherstellung des Deutschen Reiches der Dünenbau an der deutschen Küste und besonders im Königreich Preussen gewonnen hat.

Vor dem Jahre 1870 lassen anderswo an der Ostseeküste Aufforstungsversuche sich nicht feststellen, weder auf der Halbinsel Hela, noch in den Regierungsbezirken Cöslin und Stralsund oder in Mecklenburg-Schwerin (bei Warnemünde und Heiligendamm), wo nackte

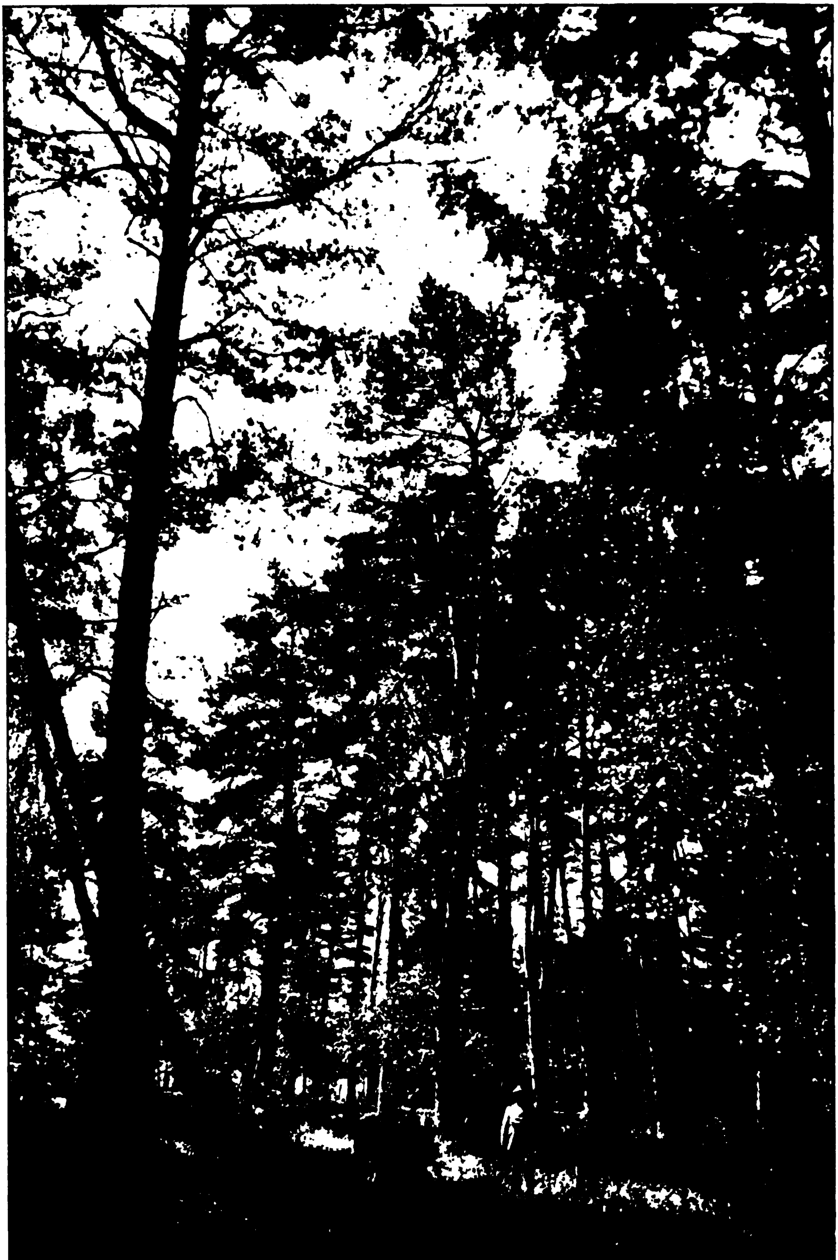


Abb. 307. Hoher Wald bei Grossbruch auf der frischen Nehrung.
(Aufnahme von P. Gerhardt 1898.)

Meeresdünen der Bewaldung harrten*). Für die Dünen längs der deutschen Nordseeküste und auf den friesischen Inseln trifft das Gleiche zu; doch ist hier der Grund nicht in dem Mangel an verfügbaren Mitteln, sondern in der auch heute noch vorherrschenden Ueberzeugung zu suchen, dass die klimatischen Verhältnisse hindernd entgegenstehen. Dass nach der Ansicht des Verf. diese Ueberzeugung wenigstens nicht überall zutrifft, wird später dargelegt werden.

§ 3.

Früheres Kulturverfahren. Die historische Entwickelung des Dünenbaues und der Holzkultur in der in § 2 bezeichneten Periode ist im IV. Abschn., §§ 11, 16 und 21, ausführlich geschildert worden. Gleichwie zu jener Zeit in den königlichen Forsten Ost- und Westpreussens Kulturen durch Pflanzung noch nirgend gebräuchlich waren, so wurde auch auf den beiden Nehrungen zunächst nur die Saat aus der Hand in Anwendung gebracht. Die Forst- und Domänen-Aemter, an deren Stelle später die Oberförstereien und Domänen-Rentämter traten, erhielten alljährlich den Auftrag, im nächsten Frühjahr an die Dünenbeamten ein bestimmtes Quantum Kiefern- und Erlenzapfen und Birkensamen zu liefern. Die Zapfen bezw. Sämereien wurden sodann breitwürfig, und je nach dem Feuchtigkeitsgrad des Bodens gemischt oder nach Holzarten getrennt, ausgestreut; späterhin trat an Stelle der Vollsaat auf den festgelegten und benarbten Dünenflächen die Streifensaat; die Vollsaat blieb vorbehalten für die frischen bis feuchten Bodenpartien zur Erziehung von Pflanzenmaterial; man kam allmählich zu der Ueberzeugung, dass die Freisaaten nicht überall anwendbar seien und im Verhältnis zu den aufgewandten Kosten und Sämereien zu geringe Erfolge aufzuweisen hatten. Es waren fast ausschliesslich Kiefern und Erlenpflanzen, die auf diese Weise erzogen und als drei- und mehrjährige Ballen verwendet wurden. Derartige Saatkämpe wurden in grossem Umfange, jedoch ohne erhebliche Bodenvorbereitung, angelegt. Die Birke scheint hierbei nebensächlich behandelt und nachträglich in die Kiefernsaatkämpe eingebracht zu sein, um nach Entnahme der Kiefernpflanzen den Bestand zu bilden. Birkenpflanzungen findet man jedenfalls seltener als die der Kiefer und Erle; von letzterer Holzart ist im allgemeinen und glücklicherweise nur die Roterle (a. glutinosa) zur Aufforstung verwendet, vermutlich weil nur diese Spezies in Ost- und Westpreussen, abgesehen von dem nordöstlichen Teile Litauens, heimisch ist, Samen der Weisserle (a. incana) daher nicht beschafft werden konnte. Vereinzelt findet man Weisserlen-

*) Nur in Mecklenburg hat Prof. Karsten schon um das Jahr 1820 Aufforstungen auf Dünen ausgeführt (vgl. IV. Abschn. § 18 S. 305). D. Herausgeber.

bestände von geringem Umfange, so z. B. in den Schutzbezirken Sarkau und Rossitten auf der kurischen Nehrung; diese stehen den Schwarzerlen erheblich an Wuchs und an Widerstandsfähigkeit nach.

Neben den vorgenannten Sämereien mussten anfangs von den Forst- und Domänen-Aemtern auch Setzstangen und Stecklinge von Weiden, Aspen, Schwarz- und Silberpappeln geliefert werden; einige Ueberreste sind hier und da noch vorhanden; seit dem Jahre 1820 beschränkte man sich ausschliesslich auf die drei Holzarten: Kiefer, Birke und Erle, da jene anderen Laubhölzer sich als ungeeignet zur Aufforstung des trockenen und armen Dünensandes erwiesen hatten. Ungefähr zu demselben Zeitpunkt, vielleicht einige Jahre später, tritt an Stelle der Freisaaten zur Bestandsbegründung ausschliesslich die Pflanzung. Das erforderliche Pflanzenmaterial wurde in der oben geschilderten Weise aus Vollsaaten in frischen Einsenkungen gewonnen, wozu man jedoch schon reinen (entflügelten) Samen verwendete und die Holzarten von einander sonderte; auch machte man den sich vielfach darbietenden Anflug der Kiefer und Birke nutzbar. Wo die Verkehrsverhältnisse es gestatteten, wurden von bäuerlichen Feldmarken drei- bis fünfjährige Kiefern-Wildlinge mit Ballen, nebenbei auch Erlenloden gekauft. Allmählich entwickelte sich hierin ein schwungvoller Handel; Unternehmer kauften die Pflanzen auf und übernahmen Lieferungen in bestimmter Höhe. Dass bei diesem Transport, der mehrmaliges Umladen vom Wagen in das Boot und wieder auf einen Wagen erforderte, die Pflanzen erheblich leiden mussten, liegt auf der Hand. Immerhin ist die Pflanzung gegenüber der Saat, namentlich die Verwendung von Kiefernballenpflanzen als ein grosser Fortschritt zu bezeichnen; es sind auf nicht zu trockenem Boden und in geschützter Lage vielfach regelmässige, geschlossene und gutwüchsige Bestände entstanden; ein trockenes Frühjahr, Spätfröste oder dürftiges Pflanzenmaterial macht sich dagegen häufig bemerkbar, da man anscheinend mit Nachbesserungen sich nicht befasste, einerseits in dem Bestreben, mit den geringen Mitteln schnell vorwärts zu kommen, sodann auch in der irrigen Auffassung (wenigstens nach Krause), dass der sogenannte Küstenwald, d. h. der nach der See hin exponierte Bestand weder einen gleichförmigen, langschäftigen Wuchs, noch einen dicht geschlossenen Stand des Holzes aufweisen dürfe.

Bei Vollsaaten pflegte man für einen preussischen Morgen 15 bis 20 Scheffel Kiefernzapfen oder 10—12 Pfund ausgeklengten, entflügelten Samen, bei Streifensaaten 10—12 Scheffel Zapfen oder 6 bis 8 Pfund Samen zu verwenden. Die Streifen wurden zwei Fuss breit und fünf Fuss von Mitte zu Mitte entfernt gezogen, sodass die Balken eine Breite von drei Fuss erhielten. Die Pflanzung der Kiefern-Ballen

erfolgte meist im vierfüssigen Quadrat- oder im Dreiecksverbande ohne Bodenvorbereitung und ausnahmslos mit dem Hohlkeilspaten; die Pflanzen wurden angegossen (eingeschlemmt) und das Begiessen nach 8—14 Tagen wiederholt, falls nicht inzwischen Regen eintrat. Die Kosten betrugen für 100 Pflanzen 45—75 Pfennige einschliesslich des Transportes von den Kämpen bis zur Verwendungsstelle und einschliesslich des zweimaligen Begiessens. Erlen und Birken wurden meist in demselben Verbande gepflanzt, kleinere Pflanzen ebenfalls mit dem Hohlkeilspaten, Loden und grösseres Material vermittelst des gewöhnlichen Spatens in offenen Grabelöchern unter möglichster Erhaltung eines Erdballens.

§ 4.

Uebergangs-Periode. Allmählich brach sich die Ueberzeugung Bahn, dass bei dem gewaltigen Dünenareal, welches der Bewaldung harrte, die Verwendung von Kiefernballen trotz der grossen Sicherheit dieser Kulturmethode, zu kostspielig und zeitraubend sei, um für die Dauer und für alle Verhältnisse beibehalten werden zu können. Auch die Steigerung der Arbeitslöhne wirkte hierbei ausschlaggebend mit. Man fing daher an auf geeigneten Bodenpartien regelmässige Kiefern-Saatkämpe anzulegen und die so erzogenen Pflanzen in ein- oder höchstens zweijährigem Alter mit entblösster Wurzel auf besonders vorbereiteten Pflanzplätzen oder Streifen auszupflanzen. Die Art der Vorbereitung sowohl, wie der Verband und die Kulturgeräte waren sehr verschieden. Erst zu Anfang der siebenziger Jahre, nach der Wiedergeburt des Deutschen Reiches, trat überall an der deutschen Küste das Bestreben hervor, nicht nur die gefahrdrohenden Dünen festzulegen, sondern auch zu bewalden. Die reichlichen Mittel, welche seitens der einzelnen Regierungen zur Verfügung gestellt wurden, hatten eine vielseitige Thätigkeit zur Folge, welche zum Teil gegründet auf die Verschiedenheit der örtlichen Verhältnisse, meist aber hervorgehend aus individueller Erfahrung oder doktrinärer Anschauung der ausführenden und leitenden Persönlichkeiten eine grosse Zahl von Kulturverfahren zeitigte. Jeder Staat, jeder Regierungsbezirk, ja selbst jede einzelne staatliche Verwaltung bringt hinsichtlich der Holzarten, der Pflanzweite, der Bodenbearbeitung und der Kulturgeräte abweichende Grundsätze zur Darstellung; selbst unmittelbar nebeneinander gelegenes Dünengelände, nur getrennt durch die Grenzen verschiedener Verwaltungsbezirke, entbehrt der einheitlichen Behandlung. Es herrscht eine bunte Vielseitigkeit und zwar mehr noch an der Küste der Ostsee, wie an derjenigen der Nordsee, weil an letzterer Aufforstungsversuche nur sehr vereinzelt, fast schüchtern in die Erscheinung treten.

B. Auswahl der Holzarten.

§ 5.

Zweck des Dünenwaldes. (Vergl. IV. Abschn. § 3.) Der Dünenbauinspektor Krause sagt in seinem bereits citierten Lehrbuch „Der Dünenbau" und zwar im § 56 wörtlich Folgendes:

„Der Küstenwald ist in jeder Hinsicht als Schutzwald zu betrachten; er muss daher sorgfältig vom Nutzungswalde unterschieden werden. Für diesen bilden Erziehung und Benutzung die Hauptmomente, für jenen Erziehung und Erhaltung, und es geht daraus hervor, dass jede aus einem Dünengehölze zu entnehmende Nutzung nur Nebensache und Zufälligkeit ist. Die Lehren der Forstwirtschaft finden nur beschränkte Anwendung auf den Küstenwald; sie sind nur in Hinsicht auf Erziehung des Holzes zu benutzen und auch hier mit Beschränkung und mit voller Rücksicht auf den Zweck des Dünengehölzes. Dieser Zweck ist aber allein nur Deckung des Bodens und Erhaltung desselben in dauernd befestigtem Zustande."

Diese vor fünfzig Jahren ausgesprochene Ansicht trifft auch heute noch vollständig zu. Die Aufforstung der Dünen bezweckt in erster Linie die dauernde Befestigung derselben, einen sicheren Schutz gegen Beschädigungen durch Stürme; wenn auch durch Graspflanzungen oder Bestrauchungen und durch die auf natürlichem Wege nachfolgende, meist dichte Benarbung jede Gefahr beseitigt zu sein scheint, so ist dies thatsächlich nicht der Fall. Eine geringfügige Beschädigung der Bodendecke, sei es durch Menschen oder Tiere, z. B. das Austreten eines Fussweges oder eines Wildwechsels, das Plätzen eines Rehes, das Scharren und Stechen der Krähen nach Engerlingen und Käfern, selbst schon die durch den Wind verursachte Reibung eines am Boden liegenden trockenen Astes genügen, um den Stürmen einen Angriffspunkt darzubieten, von welchem aus, wenn nicht sofortige Abhilfe erfolgt, die Sandmassen aufgewirbelt, sogenannte Sandkehlen gebildet werden und das Werk der Vernichtung und Verwüstung lawinenartig in der herrschenden Windrichtung sich fortbewegt. Ohne die Aufforstung würde sonach eine unausgesetzte Beaufsichtigung und eine sorgfältige Ausbesserung aller Schäden erforderlich sein. Der Wald setzt dem allen ein Ziel, vorausgesetzt, dass er zweckmässig begründet, dass bei Auswahl der Holzarten, des Pflanzenverbandes, der Kulturart auf seinen Hauptzweck in gebührender Weise Rücksicht genommen wird. In zweiter Reihe kommt der Schutz in Betracht, welchen der Wald dem dahinter gelegenen Lande gegen die ständigen und rauhen Seewinde und Stürme gewährt, und drittens verdienen

diejenigen Einflüsse Berücksichtigung, welche der Wald anerkanntermaassen in physikalischer und klimatischer Hinsicht auf weite Strecken hinaus ausübt.

Verödete Ländereien bedecken sich mit Gräsern und Kräutern, werden in grünende Matten und nahrhafte Weiden umgewandelt oder bringen bei anderer landwirtschaftlicher Nutzung lohnenden Ertrag. Das Seeklima, die grosse Feuchtigkeit der Luft, machen sich nach Abwehr der verheerenden Einflüsse der See sehr bald in der Bodenflora, in der Vegetation bemerkbar, nicht nur im Hinterlande, sondern selbst auch innerhalb des Dünengeländes. Wer die kurische Nehrung im Innern bereist — zu Fuss, zu Pferde oder zu Wagen, nicht aber zu Schiff längs des Haffes, wo die gelb schimmernden Wander- und Sturzdünen den Einblick verwehren — wird staunend weite, wenn auch kurz aber dicht benarbte Weideflächen finden, welche zu Gunsten der Nehrungsbewohner von der Aufforstung ausgeschlossen sind, auf denen grosse Herden wohlgenährter Kühe, Pferde, Schafe und Gänse weiden, wo noch vor fünfzig Jahren kaum ein Hase genügende Aesung fand. Die Nehrungsdörfer, die früher verfallen und vereinsamt aussahen, zum Teil auch abgebrochen und anderswohin überführt wurden, nehmen jetzt zu an Zahl und Wohlstand ihrer Bewohner; es entstehen neue massive Gehöfte und neue Ansiedelungen. Von einem Zauberstabe scheint der arme Boden überall da berührt zu sein, wo die nötige Bodenfrische vorhanden ist, oder die Feuchtigkeit der Luft ungestört einwirken kann; es entspriessen ihm Pflanzen, die vorher weit und breit nicht existierten. Die gleichen Wirkungen traten auch anderweitig in die Erscheinung, sogar an der Nordsee, soweit als dort bescheidene Aufforstungsversuche gemacht sind, zunächst in den sogenannten Vogelkojen, künstliche Teich-Anlagen in Thalkesseln mit Laubholzpflanzungen, welche den Massenfang der Enten auf dem Herbstzuge zum Zweck haben, sodann auch in den Parkanlagen bei Norderney, deren Begründer der verdienstvolle Garten-Inspektor Lampe ist, in dem Friederikenhain auf der Insel Spiekeroog, einer Anlage des Forstmeisters Burckhardt, des späteren hannoverschen Forstdirektors, im Victoriahain auf Sylt, in den mit grossem Geschick und Erfolg vom 3. Schleswigschen Deichverband angelegten Schonungen bei dem neuen Seebade St. Peter im Kreise Eiderstedt und dergl. mehr.

Nebenbei sei noch darauf hingewiesen, dass der Wald die befiederten Sänger heranzieht, zum Schutze und zur Vermehrung des Wildes beiträgt, in ästhetischer Beziehung den Reiz einer Gegend erhöht und zum Wohlbefinden der Bewohner erheblich beiträgt. Welchen erfrischenden und wohlthuenden Eindruck bringen die bewaldeten Küsten der Ostsee hervor! Ergriffen von dem Anblick des

brandenden, tosenden Meeres flüchtet man sich in die Stille des Waldesschattens, belauscht das Leben und Weben des Getieres und beruhigt das Gemüt. Anders an den Gestaden der Nordsee! Soweit das Auge reicht, kein Wald, kein Gehölz, höchstens ein vom Winde zerzauster, einseitig beasteter und belaubter, zwerghafter Baum und Strauch, nur die grünlich schimmernde Flut des Meeres, der gelbliche Sand des Strandes und dahinter kahle zerrissene Dünen; kein Entrinnen vor Sturmgebraus und Sonnenglut. Und dennoch könnte auch hier Abhilfe geschaffen werden, wie die vereinzelten Versuche bestätigen.

Gegenüber diesem Zwecke und Ziele der Dünenbewaldung tritt (um den Krauseschen Ausdruck zu gebrauchen) die Benutzung vollständig in den Hintergrund; die Frage, ob der Wald dereinst eine Holz- oder Nebennutzung gewähren, oder gar das aufgewendete Kapital zu einem bestimmten Prozentsatz verzinsen wird, darf in keiner Weise auf das Kulturverfahren einen entscheidenden Einfluss ausüben; ihr kann nur da Berücksichtigung zugestanden werden, wo die Erreichung des Hauptzweckes (des Schutzes) nicht beeinträchtigt wird, z. B. wenn Bodenbeschaffenheit, Bodenfrische, geschützte Lage etc. die Auswahl unter mehreren Holzarten, weiterem oder engerem Verband, Saat oder Pflanzung gestattet. Der Boden besteht innerhalb der Meeresdünen fast überall, sowohl an der Ost- wie an der Nordsee, aus ausgewaschenem, humus- und nährstofffreiem Sande, der je nach der Erhebung über dem Grundwasser alle Feuchtigkeitsgrade von nass bis trocken durchläuft; nirgends sind, abgesehen von dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens und der Luft, die Vorbedingungen für das Gedeihen der Waldbäume vorhanden; sie müssen erst geschaffen werden. Zur Erzeugung einer Humusschicht, welche die Begründung eines Nutzwaldes und dessen Behandlung nach forstwirtschaftlichen Grundsätzen ermöglicht, sind Jahrhunderte erforderlich. Der Erstlingswald soll diesen normalen Zustand anbahnen, soll dem Boden die ersten pflanzlichen Stoffe zuführen, sie anhäufen und für seinen Nachfolger erhalten, muss daher auch derartig begründet werden, dass er diesen Anforderungen gerecht zu werden imstande ist.

Eine allbekannte Thatsache ist es, dass auf dürren Oedländereien im Binnenlande, wo bei der erstmaligen Aufforstung nur die genügsame Kiefer (p. silv.) in Frage kommen kann, diese sich frühzeitig äusserst licht stellt, einen kurzen Schaft und eine dünn- und kurzbenadelte Krone ausbildet und der Sonne und dem Winde den Zutritt gestattet. Die geringe durch die anfängliche Beschattung gewonnene Frische des Bodens geht allmählich wieder verloren, die Humusbildung wird verhindert, die Nadeln verdorren und verschwinden; eine Verbesserung der Boden-Qualität erfolgt nicht, es müsste denn sein, dass die ver-

schiedenartigsten Flechten den Boden mit einer grauen Decke überziehen und durch ihre Verwesung ihm dürftige Stoffe zuführen.

Dasselbe Bild tritt uns leider äusserst häufig auf den Meeresdünen entgegen, wo man die Kiefer auf trockenen exponierten Kuppen, auf Bergrücken und Hängen angebaut hat; sie ist dort schon mit kaum dreissig Jahren hiebsreif und verjüngungsbedürftig, und entspricht nach keiner Richtung hin den Erwartungen und Anforderungen, die man glaubte bei der Pflanzung an sie stellen zu dürfen; der Boden ist eher verschlechtert, denn gebessert; der Schutz gegen die Seestürme hört auf, von einer Holznutzung im forstlichen Sinne kann nicht die Rede sein, die Verjüngung muss unterbleiben, weil dringlichere Kulturen die schwach bemessenen Mittel in Anspruch nehmen. So werden sie konserviert, dem Wanderer einen trübseligen Anblick gewährend, aber demjenigen, der lernen und prüfen will, vernehmlich zuraunend: hier gehörten wir nicht hin, beherzige diese Lehre und präge unser Bild als abschreckendes Beispiel fest Deinem Gedächtnis ein! Derartige 25jährige und ältere Bestände finden wir auf der kurischen Nehrung in den Schutzbezirken Nidden und Rossitten; auf der frischen Nehrung südwestlich von Strauchbucht, auf dem Rücken der Wanderdüne vom Leuchtturm Jagen 191 nach Kahlberg zu; im Schutzbezirk Neufähr der Oberförsterei Steegen in der Richtung auf Bohnsack (eine ca. sechzigjährige Krausesche Ballenpflanzung); auf der Halbinsel Hela unweit des gleichnamigen Ortes; in der Schabe (Insel Rügen), Schutzbezirk Gelm, der Oberförsterei Werder, scheinbar durch natürliche Besamung entstanden u. s. w.

Charakteristisch ist ganz besonders der vorerwähnte Kiefernbestand bei Kahlberg, welcher dem Alter nach kaum schätzbar, 2 bis 3 m hoch und mit der Bartflechte über und über bedeckt ist, einen strauchartigen Wuchs hat und allmählich dem Ende entgegenkümmert; ein ähnliches Schicksal steht nach dem gegenwärtigen Eindruck der drei- bis achtjährigen Kiefer-Kultur auf dem sogenannten Kamelsrücken, der nordöstlich des Leuchtturms gelegenen, nach dem Haff hin schroff abfallenden Wanderdüne, bevor.

An alle diese Bestände ist Arbeit, Geld und Zeit nutzlos gewendet; sie schützen weder den Boden, noch bessern sie ihn; noch weniger kann von der erhofften Holznutzung die Rede sein. Aehnliche Verhältnisse, aber nur vereinzelt liegen da vor, wo man bei der Birke und Erle den Feuchtigkeitsgrad der Kulturflächen nicht sorgfältig abgewogen hat; immerhin aber gewähren die krüppelhaften Laubholzbestände den grossen Vorteil, dass man unter ihrem, wenn auch nur geringen Schutz und Schatten Kiefern und Fichten anbauen kann.

Aus Vorstehendem dürfte für die Aufforstung der Dünen die ernste Mahnung und die unumstössliche Lehre zu entnehmen sein, zunächst die Kulturflächen sorgfältig zu prüfen und zwar nach der Bodenfeuchtigkeit, nach der Grob- oder Feinkörnigkeit, nach der Lockerheit oder Festigkeit des Bodens, nach der Erhebung über dem Meeresspiegel und der Lage zur herrschenden Windrichtung und zur Sonne, und dann erst die zu pflanzende Holzart zu bestimmen, bei dieser Auswahl aber keinesfalls ohne triftigen Grund die grössere Schnellwüchsigkeit, Holzerzeugung oder dergleichen zu bevorzugen. Die Oertlichkeiten sind äusserst verschieden von einander, die Verschiedenheiten beim ersten Blick meist schwer erkennbar. Der grobkörnige und der lockere Sand ist empfänglicher für die athmosphärischen Niederschläge, gestattet leichter das Aufsteigen der Feuchtigkeit als der feinkörnige oder feste Boden; je höher die Dünen, je steiler und schroffer, desto trockener sind sie, und desto mehr den Einwirkungen des Windes, der Wärme und der Kälte ausgesetzt; auf den Nord- und Osthängen hält sich der Boden frischer als auf den nach Süd und West geneigten Abdachungen, welche unausgesetzt von der Sonne beschienen werden.

Fassen wir in kurzen Worten den Inhalt des § 5 zusammen, so soll mit der Dünenbewaldung Folgendes erreicht werden:

1. Dauernde Befestigung und sicherer Schutz der Dünen selbst;
2. Allmähliche Besserung des Bodens und Vorbereitung für einen künftigen forstlichen Betrieb;
3. Schutz für das dahinter gelegene Binnenland;
4. Besserung der klimatischen und sanitären Verhältnisse;
5. Erhaltung der vorhandenen und Beförderung neuer Ansiedelungen und in letzter Linie
6. Nutzbarmachung des ertraglosen Bodens durch Erzeugung von Holz und Forstnebenprodukten.

§ 6.

Nachteilige Einflüsse der Seenähe. Um beurteilen zu können, welche besonderen Eigenschaften den für diese Dünenkulturen verwendbaren Holzarten beiwohnen müssen, wird es erforderlich sein zu untersuchen, inwieweit die Nähe der See schädigend auf die Holzpflanzen einwirkt?

Hauptsächlich sind es die Winde und zwar die Seewinde, welche einen störenden und selbst vernichtenden Einfluss auf das Gedeihen und das Wachstum der Waldbäume hervorrufen. Schon im Binnenlande auf Höhenlagen, an Berghängen und selbst in der Ebene macht sich der drückende und schiebende Einfluss solcher Winde bemerkbar,

die ungehindert über weite Flächen hinstreichen und mit einer gewissen Regelmässigkeit einzelne Bäume oder Bestandsränder treffen: an der unregelmässigen, unterm Winde stärkeren Beastung und Belaubung, an der schrägen Stellung der Stämme, an der reichlicheren und kräftigeren Ausbildung der Wurzeln im Winde (bei geworfenen Bäumen) erkennen wir mit leichter Mühe die vorherrschende Windrichtung einer bestimmten Gegend.

Deutlicher und nachhaltiger tritt uns diese mechanische Wirkung der Seewinde an den Küsten der Ostsee, in noch höherem Grade an denen der Nordsee vor Augen. Die ungleiche Erwärmung des Festlandes und der angrenzenden See ruft nach Sonnenaufgang mit einer gewissen Regelmässigkeit Luftströmungen von der See nach dem Lande hin hervor, die je nach dem Grade der Wärmeverschiedenheit verschiedene Stärke annehmen und sich soweit steigern können, dass sie den trockenen Sand am Strande in Bewegung setzen und landeinwärts treiben. Von grösserer Bedeutung sind diejenigen Winde, welche aus entfernteren Gegenden herströmen; ihre Stärke und Geschwindigkeit erleidet keine Einbusse, da sie auf ihrer Bahn durch Hindernisse nicht aufgehalten werden; je grösser die Wasserflächen, über welche die Stürme streichen, desto gewaltiger ihre Wirkung. An den deutschen Küsten sind die westlichen Winde vorherrschend, im Winter mit einer Abweichung bis Südwest, im Sommer bis Nordwest. Sie verursachen wegen ihrer Stärke und ihrer Regelmässigkeit an den Waldbeständen äusserst nachhaltige Beschädigungen und machen sich nicht allein in der vorher angedeuteten Weise bemerkbar. Denn erheblich nachteiligere Einwirkungen bringen die Winde durch diejenigen Stoffe hervor, welche sie mit sich führen. Sobald sie das Ufer erreichen, setzen sie den Seesand in Bewegung, reissen ihn in die Höhe und schleudern ihn gegen alles, was sich ihrer Bahn entgegenstellt. Nicht nur die staubigen Bestandteile des Sandes, sondern selbst Quarz- und Granitkörner und alle sonstigen, mineralischen Beimischungen bis zur Grösse kleiner Erbsen werden landeinwärts getrieben. Dass der pflanzliche Organismus unter dem unausgesetzten Anschlagen und Reiben der Sandteile in Verbindung mit dem gegenseitigen Sichberühren und Peitschen der Baumkronen, der Aeste, Zweige, Nadeln und Blätter leiden muss, liegt auf der Hand. Die saftige Rinde der letzten Jahrestriebe, die Nadeln, das Laub und die Knospen werden in der Richtung des Windes beschädigt und getötet. Durch das alljährliche Versagen der Knospen an den Wipfel- und Seitentrieben hört der Höhenwuchs auf, die Pflanzen verlieren seeseitig ihre Beastung und nehmen, abweichend von ihrer Natur, eine kurze gedrungene, unterm Winde buschige Ausformung an; empfindliche Holzarten gehen vollständig

ein. Es entstehen auf diese Weise die den Seeküsten eigentümlichen Baumformen und Bestandsränder, welche wie unter der Schere gehalten von der See aus allmählich und gleichmässig ansteigen bis zu der-

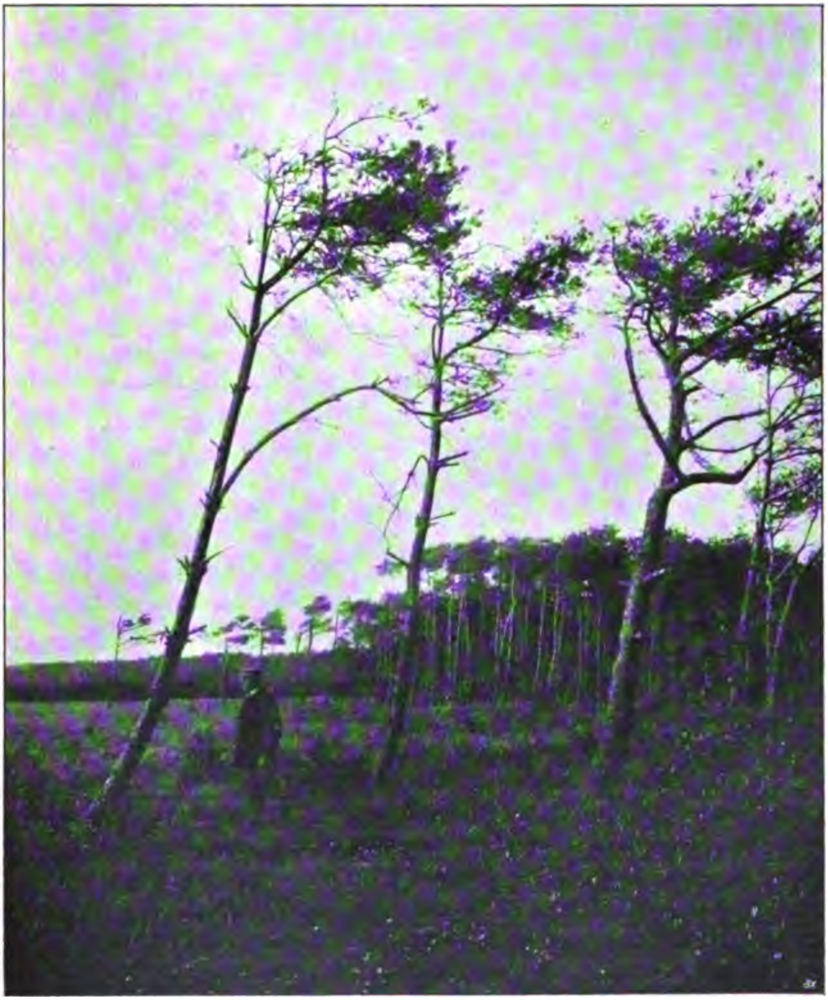


Abb. 308. Kiefernbestand hinter der Vordüne bei Nidden.
(Aufnahme von P. Gerhardt 1899.)

jenigen Entfernung, wo die schädliche Wirkung des Windes gänzlich aufhört und die Pflanzen sich naturgemäss entwickeln können. Die beiden Abbildungen 308 und 309 zeigen derartige Bestände: die erstere

einen etwa fünfundvierzigjährigen Kiefernbestand hinter der Vordüne bei Nidden auf der kurischen Nehrung, der ursprünglich gut geschlossen und wüchsig sich allmählich lichtet und vor den schädlichen Einflüssen der nahen See zurückweicht, den Boden wieder den Einwirkungen der Winde und der Sonne preisgebend; und doch besitzt die Kiefer eine grössere Widerstands- und Erzeugungsfähigkeit als die Fichte. Das zweite Bild, Abb. 309, stellt einen aus natürlicher Besamung hervorgegangen, sechzig- bis siebenzigjährigen Fichtenbestand im Schutzbezirk Cranz der Oberförsterei Fritzen dar, der nach Vernichtung des vorliegenden Kiefernbestandes dem Verderben preisgegeben worden ist.

Man sollte meinen, dass derartigen Beschädigungen gesteuert werden könne durch sorgfältige Unterhaltung der Vordüne, welche den Sand des Seeufers auffängt und festhält, sowie durch Festlegen und Binden des landeinwärts gelegenen Dünengeländes. Dem ist thatsächlich aber nicht so! Allerdings haben diese Schutzmassregeln zur Folge, dass der Sand garnicht oder nur in ganz geringer Menge aufgewirbelt und fortgeführt wird, trotzdem findet man ähnliche Bilder auch dort, wo jene Vorkehrungen getroffen sind, wo die Erhebung der Binnendünen über dem Niveau der See hinreichende Sicherheit bieten müsste. Auch hier zeigen sich im Frühjahr die schädlichen Einwirkungen der Seewinde, die Nadeln sind rot und braun, als wären sie verbrannt und fallen später ab, die Knospen versagen und vertrockenen, es bilden sich trockene Aeste und Spiesse, frisch angetriebener gelber Sand, der sich grell abheben würde von der dunkelen Bodendecke, ist nirgend unter oder neben den beschädigten Pflanzen zu finden. Welches sind die Ursachen? Nach den angestellten Beobachtungen des Verfassers sind es Eiskristalle, welche dieselben Erscheinungen wie die Sandkörner hervorrufen.

Die Winde streichen im Winter über die weite Meeresfläche, über welcher im allgemeinen eine höhere Temperatur als über dem Lande lagert, und sättigen sich dort mit Feuchtigkeit; sobald sie die Küste erreichen, wird infolge Zusammenziehung der Luft Wasserdampf überschüssig; dieser verwandelt sich, wenn an den Küsten starke Kälte herrscht, in kleine scharfe Eiskristalle, welche mit dem Auge kaum wahrnehmbar, auf der unbedeckten Haut aber empfindlich fühlbar sind. Auch vermögen die Stürme aus dem Schaum der Wellen und dem Gischt der Brandung in nächster Nähe des Ufers Wasser- und Schaumteilchen aufzunehmen, welche entweder schon auf dem Wege bis zu den Pflanzen oder beim Aufschlagen auf dieselben gefrieren. Ganz besonders treten derartige Schäden mit einer gewissen Regelmässigkeit in weichem Winter bei schroff wechselnder Temperatur auf, wenn in wenigen Stunden das Thermometer um 10—15 Grad sinkt.

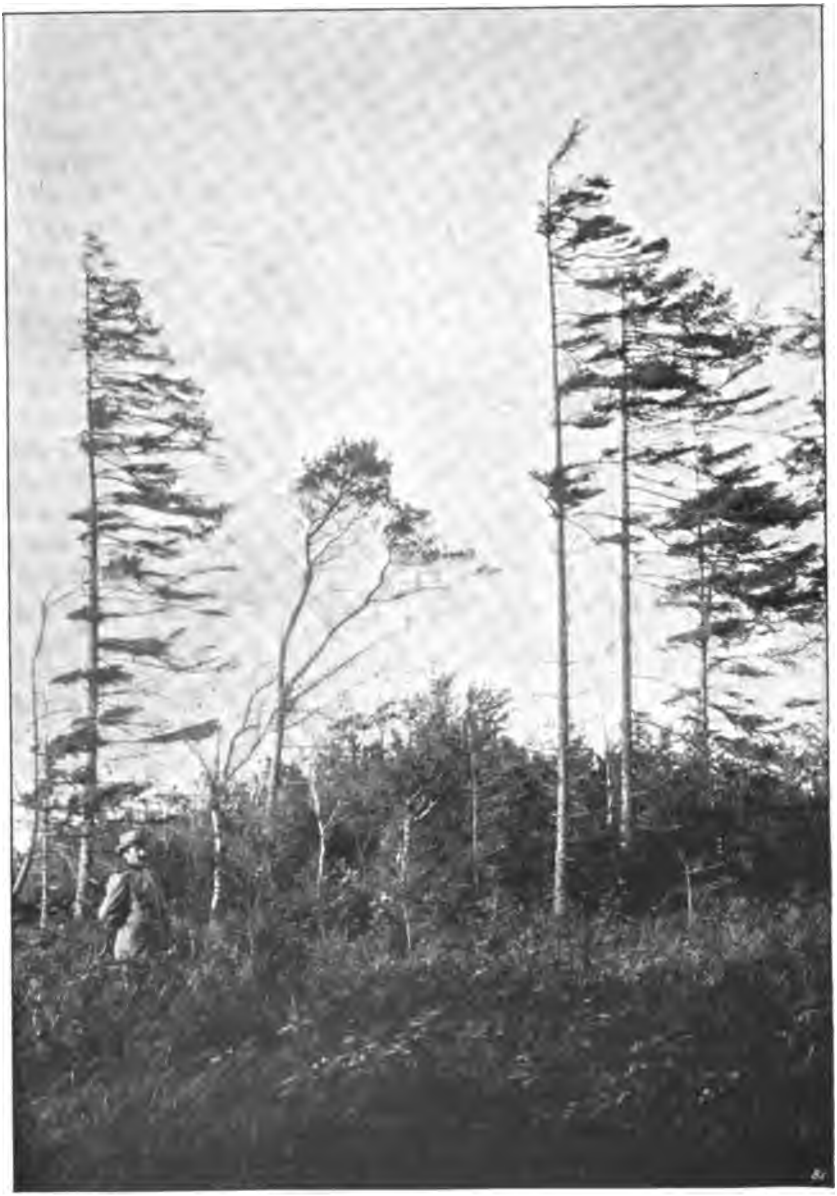


Abb. 309. Fichtenbestand zwischen Cranz und Sarkau.
(Aufnahme von P. Gerhardt 1899.)

Strenge Winter mit gleichmässiger Temperatur haben nach den Erfahrungen des Verfassers niemals diese Erscheinungen hervorgerufen. Der Winterfrost an sich ist nicht imstande, die Nadeln, Knospen und Zweigspitzen unserer winterharten Nadelhölzer — Kiefern und Fichten — zu töten. Zwar finden wir auch im Binnenlande ab und zu, dass bei plötzlichem Eintritt strenger Kälte an den Bestandsrändern, welche dem eisigen Winde ausgesetzt sind, die Nadeln rot werden und abfallen; weitere Nachteile machen sich an den Pflanzen aber nicht bemerkbar. Um so schwere Verletzungen hervorzurufen, wie wir sie in unmittelbarer Nähe der See recht häufig finden, ist eben erforderlich, dass die schädigenden Winde Eisteilchen mit sich führen.

Strenge, schneereiche Winter mit gleichmässiger Kälte schränken die Beschädigungen wesentlich ein, flaue und schneelose dagegen mit wechselnder Temperatur begünstigen sie in gleichem Grade. Auf Abb. 310 sehen wir einen geschlossenen, zwanzig- bis dreissigjährigen Kiefernbestand, nördlich von Memel innerhalb der sogenannten kaufmännischen Plantage, der unmittelbar hinter der Vordüne etwa 10 m über dem Meeresspiegel der Ostsee liegt, wohin der Sand vom Strande zwar in bedeutender Menge gelangen kann, thatsächlich aber, wie die örtlichen Untersuchungen ergeben haben, bei der guten Beschaffenheit der Vordüne nur in geringem Grade gelangt. Die Beschädigungen an den Aesten und Zweigen müssen daher in einem gewissen Grade auch den Eiskristallen zuzuschreiben sein.

§ 7.

Seither an der Ostsee verwendete Holzarten. Bei der Auswahl der Holzarten für die Bewaldung der Dünen muss auf die schädlichen Einflüsse der See und der Seewinde gebührende Rücksicht genommen, muss sorgfältig geprüft werden, welche Holzart ihnen mehr oder weniger Widerstand entgegenzusetzen geeignet ist und zugleich bei der Dürftigkeit des Bodens Gedeihen verspricht, d. h. Unempfindlichkeit mit Genügsamkeit vereinigt.

Wie aus den früheren Ausführungen (§§ 2 und 3) hervorgeht, beschränkte man sich vor dem Jahre 1870 ausschliesslich auf die heimischen Holzarten: Kiefer, Schwarz- und Weisserle, Birke, Aspe, Schwarz- und Silberpappel und Weide, von denen allmählich Kiefer, Schwarzerle und Birke die Oberhand gewannen, nachdem die übrigen sich als ungeeignet erwiesen hatten. Die Eberesche, welche längs der Ostseeküste, namentlich in den älteren Beständen der kurischen- und frischen Nehrung, sich häufig als unterständige Holzart vorfindet und durch die duftigen Blütendolden und die rot schimmernden Früchte den einförmigen Kiefernbeständen einen eigenartigen Reiz verleiht, hat



Abb. 310. Geschlossener Kiefernbestand dicht hinter der Vordüne nahe der holländischen Mütze bei Memel, von den Seewinden getroffen. (Aufnahme von P. Gerhardt 1899).

sich dort lediglich durch Naturbesamung angesiedelt. Die Drosseln und andere Beerenfresser, welche auf ihren Herbstzügen dem Küstenstriche folgen, haben ohne Zweifel den Samen dorthin getragen und sorgen unausgesetzt für die Ausbreitung dieser Holzart. Auch das Vorhandensein anderer beerentragender Sträucher z. B. des Seestranddorns (hippóphaë rhamnoïdes), der roten und der schwarzen Johannisbeere (ribes rubrum und nigrum), des Kreuzdorns und des Pulverholzes (rhamnus cathartica und frangula), des Pfaffenhütchens (evonymus europaea und verrucosa), der Traubenkirsche (Faulbaum, prunus Padus), der Lonítzere (Lonicera Xylosteum) etc. ist auf die Vögel zurückzuführen. Als nach der Wiedererrichtung des Deutschen Reiches der Bewaldung der Meeresdünen seitens der preussischen Staatsverwaltung grösseres Interesse und grössere Mittel entgegengebracht, die ehemals umfangreichen Düneninspektionen verkleinert, neue begründet und die Dünenaufseher vermehrt wurden, machte sich überall das Streben bemerkbar, teils als Ersatz für unsere Kiefer, deren Unzulänglichkeit in den exponierten Lagen man erkannt hatte, teils als Schutz- und Treibholz für die Kiefer, ausländische Nadelhölzer heranzuziehen und anzubauen.

Im Regierungsbezirk Königsberg hat sich der am 13. Mai 1895 in Merseburg verstorbene Oberforstmeister Müller (1. Oktober 1871 bis 1. Oktober 1882) ein sehr grosses Verdienst durch die Einführung der Berg- oder Hakenkiefer erworben, einer in Dänemark seit langen Jahren auf den Meeresdünen mit Erfolg angebauten, zweinadeligen Kiefer, welche in Süddeutschland heimisch und von Natur ein Baum der Berge und des Binnenlandes ist. Anfangs fälschlich als pin. inops, Krüppelkiefer, bezeichnet, wurde sie später als pin. montana var. uncinata bestimmt. Durch einen die Abart (var. uncinata) begründenden kleinen spitzen, hakenförmigen Ansatz auf jeder Schuppe des Zapfens (uncinus der Haken) unterscheidet sie sich von den anderen Bergkiefernarten. Der Oberforstmeister Müller bezog den Samen von dem Forstrat Schroeder in Wedellsborg bei Eiby in Dänemark und erzog aus demselben ein- und zweijährige Pflanzen innerhalb der königlichen Forsten des Bezirks; es sind mit dieser Holzart grosse Flächen aufgeforstet und bereits bis fünfundzwanzigjährige, gut geschlossene Bestände vorhanden. Er stellte ferner umfangreiche Versuche mit der kaspischen Weide (salix caspica) an, welche als äusserst genügsam und für die Dünen geeignet angepriesen wurde, aber den Erwartungen durchaus nicht entsprach; sie sollte sozusagen als Vorfrucht und als Schutz für die später anzubauenden Nadelhölzer dienen. Ihre Verwendung wurde bald wieder aufgegeben. Ebenso schlugen die Versuche mit der Pflanzung von Aspen in Lodengrösse gänzlich fehl; sie wurden auf

den trockeneren Lagen reihenweise in Abständen von 4—6 m gepflanzt, um gleichfalls der späteren Kiefer Schutz zu gewähren.

Neben der Rotfichte (picea excelsa) wird seit 15—20 Jahren auch die Weissfichte (pic. alba), eine in Bezug auf die Bodenfrische etwas anspruchslosere Holzart, meist nur als Lückenbüsser in Kiefernschonungen oder in Erlenbrüchern auf kleinen, weniger frischen Erhebungen angebaut und hat sich gut bewährt. Versuche mit anderen Holzarten sind nicht zur Ausführung gebracht.

In dem Danziger Regierungsbezirk wird die Kiefer (p. silv.) bevorzugt und abgesehen von den für Erlen und Fichten geeigneten feuchten Einsenkungen fast ausschliesslich, ohne Rücksicht auf Bodenbeschaffenheit und Lage, zur Aufforstung verwendet. Nebenbei gelangt bis in die neuesten Zeiten hinein die Schwarzkiefer (p. austriaca), meist in reihen- oder platzweiser Beimischung, vereinzelt rein in kleinen Horsten zur Auspflanzung, wird auch neuerdings in die Kiefernkulturen im Wege der Nachbesserung eingesprengt. Es ist nicht zu verkennen, dass sie sich widerstandsfähiger als die heimische Kiefer erweist und in geschützter Lage letztere überholt, immerhin aber macht sie auf den hohen Dünen und im Winde einen kümmerlichen Eindruck und gelangt nicht zum vollen Schluss, namentlich dort nicht, wo sie mit jener gemischt ist. Ob die Schwarzkiefer, soweit als sie zur Zeit sich gutwüchsig zeigt, z. B. eine in den Jahren 1877/78 vom Dünenaufseher Klotz bei Voeglers auf der frischen Nehrung ausgeführte Pflanzung, auch für die Folge gedeihen und sich den wenig günstigen Standortsverhältnissen auf den Meeresdünen anpassen wird, lässt sich nicht übersehen, da ältere als 25jährige Bestandsanlagen dem Verf. nicht bekannt geworden sind. Einen Vergleich mit der Berg- oder Hakenkiefer wird sie hinsichtlich der Genügsamkeit, der Unempfindlichkeit gegen klimatische Einflüsse und des Bodenschutzes keinesfalls aushalten können.

Die Bergkiefer steht in jenem Bezirk anscheinend im Misskredit und wird wegen ihres langsamen Wuchses unterschätzt. Nur auf der Halbinsel Hela, im Schutzbezirk Heisternest, finden sich eingesprengt einige 6—10jährige Exemplare, die vermutlich unbeabsichtigt, aus Versehen oder infolge Verwechselung mit der Schwarzkiefer bei Pflanzensendungen von ausserhalb, dorthin gelangt sind. Bei Neukrug auf der frischen Nehrung ist im Jahre 1898 zum erstenmal ein (6 a grosser) Saatkamp mit von der Königsberger Regierung geliefertem Samen angelegt worden.

In den Jahren 1890/92 sind ferner mit der Pechkiefer (p. rigida, pitch pine) Versuche angestellt, so bei Neukrug in der Nähe des Kamelrückens, bei Kahlberg im Schutzbezirk Pasewark der Ober-

försterei Steegen, bei Hela und bei Heisternest, weisen aber einen durchaus negativen Erfolg auf; die Pflanzen haben ein kümmerliches Aussehen, hellgelbe Benadelung, setzen sogar, gegen ihre Natur, statt drei, teilweise nur zwei Nadeln an, und sind dem Verbiss durch Rehe und Hasen erheblich ausgesetzt, von Ergänzung durch Stockausschlag kaum eine Spur.

Eine Pflanzung der Banks-Kiefer (p. Banksiana) im Schutzbezirk Neufähr (Oberförsterei Steegen) ist gänzlich missraten, dagegen zeigt diejenige der Weymouths-Kiefer (p. storbus) bei Hela leidliches Gedeihen, woran die günstige Lage und der frische Boden einen wesentlichen Anteil hat. Ebenfalls bei Hela werden die feuchten Einsenkungen mit Schwarzerlen aufgeforstet unter Beimischung von Birken und Weisserlen; diese Anlagen versprechen recht guten Erfolg.

Aehnlich ist die Auswahl der Holzarten im Regierungsbezirk Köslin. Hier sind die Dünen, soweit sie sich im Eigentum des Staates befinden, der Dünenverwaltung unterstellt und zu dem Dünenbezirk Stolpmünde vereinigt; es wird von Nadelholz in der Hauptsache unsere Kiefer, daneben auch, reihenweise beigemischt oder flächenweise rein die Schwarzkiefer angebaut, z. B. auf dem Baakenberge im Schutzbezirk Stilow. Das Gedeihen der Schwarzkiefer ist aber fast überall wenig aussichtsvoll. Nach einer Mitteilung des Dünenmeisters Schwarz in Stolpmünde sind im Schutzbezirk Vitte 20—25 jährige Schwarzkiefern-Schonungen von gutem Wuchs und Schluss vorhanden, die sich unten bereits räumen, allerdings aber, auf frischem, flachem Gelände stocken. Wie sie sich weiter verhalten werden, bleibt abzuwarten.

Auf der Scholpiner Leuchtturm-Düne, die ursprünglich mit p. silvestris aufgeforstet worden war, hat später eine Nachbesserung mit Schwarz- und Pechkiefern stattgefunden, die ein leidliches Aussehen aufweisen, sicheren Erfolg aber nicht versprechen. Im übrigen ist die p. rigida nur vereinzelt zur Verwendung gelangt, z. B. nördlich des Baakenberges auf flachem, mit Heidekraut überzogenem Gelände, wo sie in Gemeinschaft mit der Bergkiefer einer 4—10jährigen Kiefern- und Schwarzkiefern-Kultur beigemischt ist. Der Bergkiefer soll neuerdings mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden, was aus den bereits vorhandenen Saatkämpen ersichtlich ist.

Von Laubhölzern werden Schwarz- und Weisserle und Birke gepflanzt, und das Pflanzmaterial in Saat- und Pflanzkämpen erzogen. Oestlich des Hafens von Leba, eines kleinen Städtchens, das den Ehrgeiz besitzt, Seebad werden zu wollen, sind umfangreiche, gut gedeihende Schwarz-Erlenkulturen mit eingesprengter Weisserle angelegt; auch die Kiefernschonungen gewähren einen gleich er-

freulichen Anblick und schliessen sich ebenbürtig den städtischen Anlagen an.

Der in der Umgebung des Scholpiner Leuchtturmes durch Saat erzogene Stachelginster (ulex europaeus) bewährt sich als Bodenschutzholz nicht; er erfriert alljährlich in dem letzten nicht verholzten Triebe, wird durch Wild stark verbissen und wird in absehbarer Zeit ganz verschwinden; trotz des ziemlich reichlichen Samens, den er trägt, ist ein natürlicher Nachwuchs nicht vorhanden.

Im Regierungsbezirk Stralsund sind, soweit dem Verf. bekannt geworden, nur die Dünen auf der Halbinsel Darss (bei Zingst und Prerow) und auf der Insel Rügen (die Schaabe, Schutzbezirk Gelm der Oberförsterei Werder) bemerkenswert; auf dem Darss werden die Kulturen mit der gemeinen Kiefer, mit Schwarzerlen und einzelnen Fichten — zunächst nur auf dem flachen und ebenen Gelände — ausgeführt; die Oberförsterei Werder verwendet ausschliesslich unsere Kiefer.

Ausserhalb des preussischen Staates soll noch eines schmalen Dünenterrains westlich der Stadt Warnemünde im Grossherzogtum Mecklenburg-Schwerin Erwähnung gethan werden, dessen Aufforstung im Interesse des Seebades eifrig gefördert wird und fast vollendet ist. Die älteren, parkartigen Anlagen auf ziemlich frischem Sandboden, unmittelbar an der Stadt, enthalten fast alle heimischen Laubhölzer und sind gut geschlossen, wenn auch infolge des Druckes durch die Seewinde von geringer Höhe. Die sich im Westen anschliessenden Kulturen, auf etwas ansteigendem und minder frischem Dünengelände, enthalten Schwarz- und Weisserlen, Birken, Pappeln, Rüstern, auf kleineren höheren Kuppen Bergkiefern und kümmern zur Zeit noch bedenklich. Den Abschluss bildet ein etwa 500 m breiter Bestandsstreifen, den das Hospital auf dem hoch ansteigenden, vom Dünensand überlagerten Ufer zum Schutz gegen weiteres Vordringen des Sandes durch Pflanzung von p. silv. und austriaca, Rot- und Weissfichte und Bergkiefer begründet hat. Die Bergkiefern nehmen den äussersten Rand nach der See hin ein; die steile Böschung und ein Teil des Strandes ist mit dem Seedorn, hippophae rhamnoides, bepflanzt. Diese Schonung, zum Teil in Stangenholz übergehend, gewährt einen erfreulichen Anblick und leidet unerheblich durch die Seenähe; ganz besonders gut gedeiht, selbst auf der im Entstehen begriffenen Vordüne, der Seedorn.

§ 8.

Seither an der Nordsee verwendete Holzarten. Die Aufforstungsversuche auf den Meeresdünen an der Nordsee werden hier im einzelnen vorgetragen werden, da sie erheblich von einander ab-

weichen und äusserst lehrreiche Beiträge für die Beurteilung der Frage liefern, ob jene Dünen überhaupt sich werden aufforsten lassen. Einiger älterer Kulturversuche ist bereits im § 5 gedacht worden; diese verfolgen einen ganz bestimmten Zweck, und zwar den Fang der Enten in den sogenannten Vogelkojen, oder die Begründung von Parkanlagen und Hainen für das Badepublikum, müssen daher in ihren Erfolgen mit einem anderen Maassstabe gemessen werden als die Kulturen der letzten Jahre, welche lediglich auf die Festlegung und Bewaldung abzielen. Das verwendete Pflanzenmaterial musste in beiden Fällen nach Holzart, Alter und Mischungsverhältnis sehr verschieden sein.

Auf der Insel Norderney sind durch Pflanzung von Schwarzerlen, denen meist die Weisserle, Feldrüster, Schwarzpappel und Weide reichlich beigemischt ist, in der Umgebung des Badeortes, und zwar im Westen, Südwesten und Süden desselben, bis zur Napoleons-Schanze hin, dicht geschlossene und meist gutwüchsige, 20—25 jährige Parkanlagen mit schattigen Promenaden entstanden; gegen den herrschenden Wind hin flachen und stufen sich die Baumkronen merklich ab; sie werden auch in den Blättern und Zweigen zerzaust und beschädigt; die Schwarzerle aber ergänzt sich in dem engen Stande immer wieder von neuem und zieht die anderen empfindlicheren Holzarten schützend empor. Seit etwa 15 Jahren sind auch die höher gelegenen Dünenflächen, welche sich an die vorgenannten Anlagen anschliessen und sich nach Südwesten hin erstrecken, in Angriff genommen und mit pinus silv., austr. und montana und mit Birken, Pappeln und Ebereschen bepflanzt; teilweise und nachträglich ist Weisstanne eingesprengt; zur Deckung des Bodens, zum Schutz gegen Sonne und Wind sind Besenpfriemen, Ginster und Seestrandsdorn angepflanzt. Auch hier werden Sorgfalt, Fleiss und Ausdauer des Garteninspektors allmählich zum Ziele führen; der äussere Eindruck, welchen die Pflanzen gewähren, namentlich derjenige der Bergkiefern, berechtigen zu dieser Erwartung; allerdings kann nicht verschwiegen werden, dass das angestrebte Ziel schneller und sicherer erreicht werden würde, wenn die Bergkiefer allein zur Verwendung gelangt wäre; die verschiedene Wüchsigkeit der anderen Holzarten verzögert zum mindesten den unentbehrlichen Schluss der Kulturen und die völlige Deckung des Bodens.

Erwähnenswert sind noch die ca. 5 und 10 jährigen Nadelholzkulturen (die sogenannte Kiefernheide) nördlich und östlich des Seehospizes, welche sich bis zum Ruppertsberger Gehölze (einem wenig geschlossenen Erlenhorst) erstrecken. Die nördliche ältere Kultur ist ursprünglich begründet durch Pflanzung von p. silv., austr., mont.

und maritima und macht wegen des mangelnden Schlusses einen wenig versprechenden Eindruck. Die Seestrandskiefer ist bis auf ein Exemplar vollständig verschwunden; die östliche jüngere Kultur setzt sich aus einer gleichmässigen Mischung von Berg- und Schwarzkiefern zusammen; sie zeigt ein leidliches Gedeihen, bedarf aber noch sorgfältiger Nachbesserung.

Die Insel Spiekeroog zeichnet sich unter den ostfriesischen Inseln ganz besonders durch umfangreiche Aufforstungsversuche aus und das gleichnamige Dorf, das zugleich ein Badeort ist, hat vor allen Nordseeinseln einen reichen Laubschmuck voraus; die meisten Häuser liegen im frischen Grün der Bäume fast versteckt. Die Anregung zur Anpflanzung von Bäumen an den Dorfstrassen, in den Gärten und um die Gehöfte verdankt es dem bereits erwähnten Forstmeister Burckhardt, welcher alljährlich zur Zeit der Sommerfrische dort weilte. Es sind meist Eschen, Linden, Weiden und Pappeln von üppigem Wuchs innerhalb des Dorfes gepflanzt, darunter eine Esche mit mehr als 2 m Umfang in Brusthöhe, ca. 70 Jahre alt; in den Gärten tragen Obstbäume wohlschmeckende und reichliche Früchte; selbst der Weinstock und die Aprikose gelangen frühzeitig zum Reifen.

Der sogenannte Friederikenhain im Osten des Dorfes und südlich der Dünenkette, dessen im § 5 gedacht ist, besteht aus zwei getrennten, je ca. 1,5—2 ha grossen Waldparzellen von 30—40jährigem Alter, liegt in zwei gegen die Seewinde geschützten Dünenthälern mit frischem bis feuchtem Sandboden und ist begründet worden durch Pflanzung von gemeiner Kiefer, Schwarz- und Meerstrandskiefer, Eiche, Schwarzpappel, Birke, Schwarz- und Weisserle, Aspe, Rosskastanie, Weide (s. alba), auch die essbare Kastanie ist in einigen sehr kümmerlichen Exemplaren eingesprengt. Das Ganze macht einen erfrischenden, freudigen Eindruck, wenngleich die Randbäume, namentlich die Kiefern und Birken, vom Winde zerzaust und arg mitgenommen sind; die Schwarzkiefer zeigt von allen dort vorhandenen Holzarten das beste Gedeihen, selbst an den seeseitigen Rändern, demnächst die Eiche und Pappel, soweit sie im Schutze stehen; die p. maritima ist fast gänzlich eingegangen; die Anlage erbringt den Belag dafür, dass die Bewaldung der Nordsee-Dünen sich ermöglichen lässt.

Eine zweite 20jährige Anpflanzung finden wir im Nordwesten des Dorfes, in der Nähe des Badestrandes (am Badekutschen-Schuppen), ebenfalls in einer tief gelegenen, etwa 2 ha grossen Einsenkung. Der Holzbestand setzt sich zusammen aus einem Gemisch von gemeiner Kiefer, Schwarz- und Bergkiefer, Schwarzerle, Birke und Weide, und soll durch einen Baumeister Busch begründet sein; er macht einen

überaus traurigen Eindruck, kurz gehalten durch die Winde, die über den Dünenkamm hinüberfallen, zerzaust und zerrieben durch den von den Badegästen gelockerten und durch die Winde angetriebenen Sand, mit trockenen Zweigen und Aesten. Der Grund für den Misserfolg ist hauptsächlich zu suchen in der Nässe des Bodens; — im Frühjahr oder bei Regengüssen bleibt das Wasser dort tagelang 20—30 cm hoch stehen und muss verdunsten, da Abfluss nicht vorhanden ist und das flache Grundwasser das Eindringen in den Boden verhindert — sodann auch in der ungeeigneten Auswahl der Holzarten; nach den Standortsverhältnissen hätte nur die Erle, auf den kleineren höheren Kuppen die Bergkiefer angebaut werden dürfen. Eine derartige Auswahl und Sonderung der Holzarten hat bei den jüngeren Aufforstungen einigermassen Berücksichtigung gefunden. Oestlich des Dorfes, in der Richtung nach dem Friederikenhain, sind einige Dünenthäler nur mit der Schwarzerle oder nur mit der Bergkiefer bepflanzt. Seitlich des sogenannten Schurrpfades, eines vom Dorf nach dem Aussichtspavillon führenden Fussweges, werden seit etwa 15 Jahren die im Schutze des hohen Dünenzuges gelegenen frischen Einsenkungen mit Schwarzerlen bepflanzt, welchen Weisserle, Birke, Schwarzpappel und Eberesche stammweise beigemischt sind. Die ältesten, 10—15jährigen Kulturen haben sich fast überall geschlossen, sind 2—2½ m hoch; Schluss und Wuchs ist verschieden nach dem Grade der Bodenfeuchtigkeit. Die Schwarzerle dominiert überall und zieht die Pappel und Birke mit sich in die Höhe; die Weisserle dient nur als Füllholz, die Eberesche versagt vollständig. Bisher sind ca. 7—8 ha in dieser Weise aufgeforstet. Weiter östlich ist ein etwas höher gelegener, daher weniger frischer Thalkessel vor ca. 5—8 Jahren mit Bergkiefern bepflanzt — leider aber in den Fehlstellen nicht nachgebessert worden. Die vorhandenen Pflanzen sind ca. 10—20 cm hoch, haben frische dunkelgrüne Benadelung und scheinen dort sich wohl zu befinden. Ein abschliessendes Urteil lässt sich zur Zeit noch nicht fällen; notwendig ist schleunige und sorgfältige Nachbesserung, um möglichst schnell vollen Schluss und Deckung des Bodens zu erzielen. Kleinere feuchtere Einsenkungen sind im Anschluss an die vorigen Flächen mit Weymuthskiefern bepflanzt; wenngleich diese Holzart zur Zeit gegenüber der Bergkiefer vorwüchsig ist, so erscheint es nach anderweitigen Erfahrungen doch mehr als zweifelhaft, ob sie für derartige Oertlichkeiten geeignet ist.

Von den nordfriesischen Inseln haben nur die drei Inseln Amrum, Föhr und Sylt Aufforstungsversuche aufzuweisen. Die gesamten Dünen auf Amrum, mit Ausnahme der Vordüne und der Leuchtturmdüne, stehen im Eigentum der politischen Gemeinde Amrum;

der Staat ist daher nicht in der Lage, dort nach freiem Ermessen vorzugehen; um aber das Interesse für die Aufforstungen zu wecken, gewährt er Beihilfen und leitet und beaufsichtigt die Kulturen durch seine forsttechnischen Beamten; das Pflanzenmaterial wird aus königlichen Revieren geliefert. Auf Grund eines Abkommens hat die Gemeinde Amrum für diesen Zweck 15 ha nördlich der Satteldüne und unmittelbar hinter den hohen Dünen gelegenen, meist ebenen, flachen und benarbten Geländes zur Verfügung gestellt, von denen bis einschliesslich 1898 12 ha aufgeforstet waren; die erste Pflanzung ist im Jahre 1887 auf 4 ha ausgeführt und zwar nur mit Bergkiefern, die eine Höhe von etwa 1,50 m erreicht haben, ein recht gutes Gedeihen zeigen, leider aber wegen unzureichender Nachbesserung nicht überall zum unbedingt notwendigen Schluss gelangen können. Die späteren Pflanzungen weichen von dem ersten gelungenen Versuch insofern ab, als andere Nadelhölzer beigemischt worden sind, anscheinend wegen des zu langsamen Wachstums der Bergkiefer. Eine Fläche von 2 ha ist ursprünglich mit 3 Reihen Fichten und 1 Reihe Bergkiefern kultiviert; demnächst ist diese Kultur wiederholt durch die nordische Kiefer, die Bergkiefer und Fichte ergänzt worden, weil die Fichte fast gänzlich versagte. Eine spätere Kultur zeigt die nordische Kiefer, die Bergkiefer und die Fichte reihenweise wechselnd; seit 1895 wird die Fichte bei der erstmaligen Pflanzung fortgelassen und nur später bei der Nachbesserung eingesprengt. Innerhalb der beiden letzten Jahrgänge, 1897 und 1898, ist jede dritte Reihe offen gehalten für eine später einzubringende (dem Lokalbeamten noch nicht bekannt gegebene) Holzart; die sogenannte nordische Kiefer ist die p. silvestris, deren Samen aus Norwegen bezogen und zur Erziehung der Pflanzen verwendet wird, in der Hoffnung, dass sie infolge ihrer hoch nordischen Herkunft widerstandsfähiger als ihre deutsche Schwester sein werde. Diese Erwartung wird aller Wahrscheinlichkeit nach sich nicht bestätigen, denn dort, wo die Pflanzen von den Seewinden gefasst werden, sind sie beschädigt und einseitig beastet, und sobald sie die Bergkiefern überholen und mit ihren Kronen den vorgelagerten Dünenzug überragen, werden bei dem nicht genügenden Schluss diese Beschädigungen noch mehr hervortreten. Die Fichte eignet sich in Amrum ebensowenig wie anderswo zu den Freikulturen und darf nur zur Nachbesserung älterer Kulturen Verwendung finden, weil sie hier den erforderlichen Schutz findet.

Die Insel Föhr hat nur in der Nähe des Badeortes Wyk eine Aufforstung aufzuweisen; es ist dies der sogenannte Lemkehain, eine etwa zehn Jahre alte Anlage von ca. 5 ha Grösse, welche ihr Entstehen und ihren Namen der Schenkung eines Bürgers von Wyk

verdankt; sie liegt an der Südostseite der Insel am Schützenhaus, abseits der herrschenden Windrichtung, neben dem Wege von dem Dorfe nach dem Badestrand und längs der See. Der wenig frische, aber benarbte Boden ist bepflanzt mit p. silv., austr., mont, Eiche, Pappel, Erle, Weide; der Wuchs ist im allgemeinen freudig und berechtigt zur Hoffnung auf dauerndes Gedeihen. Der zu dem Badestrand führende, längst der Küste sich hinziehende Strandweg liegt in einem Hohlwege, der an seinen seitlichen Böschungen ebenfalls und in etwas früherer Zeit mit Nadelhölzern bepflanzt worden ist, an denen aber, soweit sie der See zugewendet sind, sich Beschädigungen durch die Stürme bemerkbar machen.

Wenn auch die örtlichen Verhältnisse auf Föhr erheblich günstiger als auf den anderen Nordsee-Inseln sind (eigentliche Meeresdünen sind nicht vorhanden, sondern nur ein vom Meeressand gleichmässig überlagertes ebenes Gelände), so liefert der Lemkehain trotz der ungeeigneten Beimischung von Laubhölzern doch einen weiteren Belag für die Möglichkeit der Dünenaufforstung an der Nordsee.

Auf der Insel Sylt liegen hinsichtlich des Eigentums an den Dünen die gleichen Verhältnisse wie auf Amrum vor. Die politischen Gemeinden Rantum, Westerland, Wenningstadt, Kampen und List sind uneingeschränkte Eigentümer des Dünengeländes (ausschl. Vordüne), welches den ganzen See-(West-)Strand der Insel begrenzt, und nutzen es als Schafweide oder durch Mähen der Gräser und Kräuter zu Futter- und Streuzwecken. Die Königliche Dünen-Inspektion zu Kaitum auf Sylt, welcher die drei Inseln Amrum, Sylt und Röm unterstellt sind, ist daher nicht in der Lage, ohne weiteres Aufforstungen einzelner Dünenflächen vorzunehmen. Sie hat vor nunmehr 30 Jahren von der Gemeinde Kampen auf Grund eines schriftlich ausgestellten Reverses die Ermächtigung erhalten, die in deren Grenzen gelegene hohe und etwa 90—100 ha grosse Wanderdüne nebst angrenzendem Dünengelände zu binden und aufzuforsten; bis zur Beendigung der erforderlichen Kulturarbeiten hat sich die Gemeinde aller Nutzungsrechte innerhalb jenes Terrains begeben. Die Festlegung der Dünen ist vollständig beendet, die Aufforstung aber, obwohl sie sich über ca. 40 ha erstreckt, ist über den Versuch nicht hinausgekommen und kann, abgesehen von kleinen günstig gelegenen Einsenkungen, als verfehlt bezeichnet werden. Es wurden die verschiedensten Holzarten ausgesät und ausgepflanzt und damit im Frühjahr 1870 der Anfang gemacht. In seiner Abhandlung: „Der Dünenbau der Königl. Preuss. Regierung auf den Schleswigschen Westsee-Inseln 1876“ beschreibt der Düneninspektor Hübbe zu Keitum die auf Sylt von ihm ausgeführten Aufforstungsversuche.

Der erste Versuch galt der pin. maritima auf einer kleineren Fläche in geschützter Lage. Diese für unsern Norden zu empfindliche Holzart bestach anfangs durch ihr freudiges Gedeihen, ihren lebhaften Wuchs und durch die Leichtigkeit, mit welcher sie Beschädigungen durch Spätfröste ergänzte. Nachdem sie bereits eine Höhe von 4—5 m erreicht hatte und somit über die schützende Umgebung hinauszuwachsen sich erdreistete, ereilte sie das Verhängnis; die strengen Winterfröste vernichteten sie allmählich, und im Jahre 1898 waren nur noch wenige, ganz abgestorbene Exemplare vorhanden, Wahrzeichen vergangener Pracht und — begrabener Hoffnungen! Demnächst wurden die Versuche auf die p. montana var. uncinata (dort fälschlich als inops bezeichnet) und austriaca ausgedehnt; die erste Verwendung der anfangs von Königlichen Oberförstereien bezogenen, dann in eigenen Saatkämpen erzogenen Pflanzen erfolgte 1873 und wurde etwa 20 Jahre fortgesetzt; neuerdings beschränkt man sich auf Erhaltung und Nachbesserung des Vorhandenen; neue Kulturen werden nicht mehr beabsichtigt, weil im allgemeinen ein Erfolg nicht zu verzeichnen ist. Die jüngste, 6—8jährige Kultur in unmittelbarer Nähe der Vogelkoje, wo auch p. silv. eingesprengt ist, gewährt einen leidlichen Eindruck; der Boden ist eben, frisch und gegen die See hin geschützt; bei sorgfältiger Nachbesserung und Pflege kann hier die Aufbringung eines geschlossenen Nadelholzbestandes erreicht werden. Die anderen Anlagen sind überaus dürftig; die Schwarzkiefer ist fast ganz verschwunden oder dem Eingehen nahe, die Bergkiefer fristet ein kümmerliches Dasein, liegt am Boden und vermag nicht in die Höhe zu kommen. Nur kleinere frische Einsenkungen oder Kuppen, welche ehemals durch Sandgras festgelegt worden sind und daher aufgewehten lockern Sand enthalten, zeigen gutes Gedeihen und geben uns den Belag dafür, dass bei dem Kulturverfahren Versehen gemacht worden sind: unterlassene, tiefgehende Bodenlockerung, Auswahl ungeeigneter Holzarten und ungenügender Pflanzenverband. Hierauf werden wir später des Näheren zurückkommen. Ergänzend wird noch erwähnt, dass zwischen die Nadelhölzer der Stachelginster durch Pflanzung eingesprengt worden ist, teils um Bodenschutz zu schaffen, teils um den Bestandesschluss herbeizuführen oder doch zu befördern. Dieser Zweck wird nicht erreicht, wenngleich das Wachstum des Ginsters nicht gerade aussichtslos ist.

Inmitten der Insel, zu beiden Seiten der Dampfspurbahn von Westerland nach Munkmarsch, finden wir zwei Gehölze, von denen das nördliche den stolzen Namen Victoriahain führt. Beide sind vor etwa 70 Jahren auf Heideboden angelegt und legen Zeugnis dafür ab, dass es möglich ist, die kahlen Nordseeinseln zu bewalden; sie bestehen

hauptsächlich aus Birken, unter Einsprengung einzelner Aspen, Schwarz- und Silberpappeln und Weiden. Vor etwa 25—30 Jahren sind — anscheinend auf den Blössen — horstweise Schwarzkiefern und Lärchen eingebaut; seit kurzem werden die Räumden und Lücken durch Rotfichtenbüschel aufgeforstet. Die Birken erbringen in ihrer Ausformung und ihrem Verhalten den Beweis dafür, dass sie dort nicht hingehören, wenigstens nicht als dominierende Holzart; sie sind 4—5 m hoch, von krüppeligem, breitkronigem Wuchs und flachen sich seeseitig dachförmig ab. Aspen, Pappeln und Weiden verhalten sich ähnlich, haben aber eine kräftigere Stammentwickelung. Die Lärchen sind im Absterben begriffen; in kurzer Zeit werden auch die letzten Stangen eingegangen sein. Die Schwarzkiefer allein leistet den klimatischen Einflüssen energischen Widerstand, strebt kräftig in die Höhe und hat eine dunkele üppige Benadelung. Beide Gehölze, so klein und dürftig sie auch sind, bilden alltäglich für die Badegäste der Insel das Ziel ihrer Wanderungen, gewähren ihnen Schutz und Obdach gegen Wind und Sonne.

Bemerkenswert ist, dass der Heidekulturverein der Provinz Schleswig-Holstein zwischen Westerland und Wenningstedt auf gleichem Terrain, d. h. auf mit Haidekraut überzogenem alten Geestboden, mit einem Aufforstungsversuch den Anfang gemacht hat; das ganze Versuchsfeld umfasst ca. 3 ha und ist mit einem Graben und einem Wall umgeben; im Jahre 1898 ist etwa die Hälfte auf wechselnden Balken und Grüppen mit Berg- und Schwarzkiefern, mit Weisstannen, Weiss- und Douglas-Fichten, mit Eichen, Rotbuchen, Rüstern und Erlen bepflanzt; auf der flachen Innenböschung des Ringwalls wechseln die Bergkiefern mit Weissdorn. Ueber den Erfolg dieser sorgfältigen und kostspieligen Kultur lässt sich ein Urteil zur Zeit nicht fällen; es lässt sich aber vermuten, dass das bunte Gemisch von Laub- und Nadelhölzern nicht geeignet sein wird, den Stürmen Trotz zu bieten; die etwa drei- bis fünfjährigen Pflänzlinge machten im August des Kulturjahres 1898 einen recht kümmerlichen Eindruck.

Ein erheblich freundlicheres Bild gewähren die Bestrebungen des dritten Sehleswigschen Deichverbandes (Ording) innerhalb der F e l d m a r k St. P e t e r und in der Nähe des gleichnamigen Seebadeortes. Die ersten Aufforstungen reichen bis 1872 zurück, sind aber fast ganz missglückt. Erst vom Jahre 1877 ab datiert ein sorgfältig erwogenes und durchgeführtes Kulturverfahren. Die Leitung liegt in den Händen der Deichgrafen — zur Zeit Deichgraf Peters in Tetenbüll, Kreis Eiderstaedt (seit 1887 im Amt) — welchen seitens des Deichverbandes alljährlich 1200 Mark für Aufforstungszwecke zur Verfügung gestellt werden; es sind bisher 100—120 ha mit recht gutem Erfolge aufgeforstet und Bestände

erzogen worden, die dicht geschlossen, kräftig, gutwüchsig und zum Teil schon durchforstungsbedürftig sind. An Holzarten sind hauptsächlich die Schwarz- und Bergkiefer, in geringem Umfange auch die p. silv. und strobus, auf feuchten Einsenkungen die Erle, Birke und Weide verwendet, eine jede Holzart aber horstweise getrennt. Neuerdings werden leider auch mit der p. rigida und maritima, der Lärche, Weisstanne, Eiche und Aspe Versuche angestellt, die aber nicht viel versprechend sind; sie wurden veranlasst durch die Rücksicht auf den vor wenigen Jahren begründeten Badeort; hoffentlich unterbleiben sie bald wieder und räumen das Feld den wenigen Holzarten, die sich so gut bewährt und zur Besiedelung des nahen Strandes beigetragen haben. Es sind dies in erster Linie die Bergkiefer, sodann die Schwarzkiefer, die gemeine Kiefer und die Erle; zur Füllung kleinerer Lücken kann die Weissfichte (pi. alba) als neue Holzart zu Hilfe genommen werden, Es wird hierbei zugleich der Rat erteilt, energisch mit den Nachbesserungen fortzufahren und den Verband von 1 m im Geviert beizubehalten, aber womöglich vier, mindestens aber zwei Pflanzen für jeden Platz zu verwenden, dann werden sicherlich die schönen Anlagen sich erweitern und gedeihen, dem Deichverbande zum Segen und seinem thatkräftigen, umsichtigen Deichgrafen zum bleibenden Gedächtnis.

§ 9.

Anforderungen an die Holzarten. Nach den bisherigen Ausführungen ist es unschwer, darüber Entscheidung zu treffen, welche Holzarten bei der Bewaldung der Meeresdünen ausschliesslich verwendet oder bevorzugt werden dürfen.

Wir müssen folgende Eigenschaften von ihnen verlangen:

1. grösste Genügsamkeit und Anspruchslosigkeit an den Boden;
2. möglichst hohe Unempfindlichkeit gegen die schädlichen Einflüsse der herrschenden Winde, und zwar:
   a) gegen das gegenseitige Peitschen und Reiben der Aeste und Zweige;
   b) gegen das Anschlagen der Sandkörner und Eiskrystalle an die jungen Triebe, Nadeln, Blätter und Knospen;
3. Unempfindlichkeit gegen Winterfrost und plötzliche starke Wärmeschwankungen;
4. Sturmständigkeit (Windbruch und Windwurf);
5. die Fähigkeit, sich lange geschlossen zu halten und durch Laub- und Nadelabfall den Boden zu bessern.

Je nachdem diese Eigenschaften den einzelnen Holzarten in höherem oder geringerem Grade beiwohnen, sind die Oertlichkeiten für jede derselben von vornherein vorgeschrieben. Die Erhebung über

dem Meeresspiegel, exponierte Lage gegen die herrschende Windrichtung, gegen die See und Sonne, Bodenbeschaffenheit und Feuchtigkeitsgrad des Bodens sind hierbei entscheidend. Nach der Ansicht des Verf. können nur folgende sechs Holzarten in Frage kommen:

Die Berg- oder Hakenkiefer, p. montana var. uncinata;
die gemeine Kiefer, p. silvestris;
die Rotfichte, picea excelsa;
die Weissfichte, picea alba;
die Schwarzerle, alnus glutinosa;
die Birke, betula verrucosa.

Selbstredend soll hierdurch nicht anderen Holzarten jede Berechtigung auf ein bescheidenes Plätzchen in den Dünen abgesprochen werden; es werden vereinzelt Oertlichkeiten vorhanden sein, wo die Schwarzkiefer, p. austriaca, die Pechkiefer, p. rigida, die Esche, die Rüster, die Pappel und selbst die Weisserle (alnus incana) in Gruppen oder kleinen Horsten oder stammweise eingesprengt mit Erfolg Verwendung finden können. Immerhin darf dies nur eine Ausnahme von der Regel sein und sich stützen auf sorgfältige Abwägung der vorliegenden Verhältnisse.

Den oben unter 1—5 genannten Ansprüchen genügen in vollstem Maasse nur die Bergkiefer und die Schwarzerle, die eine auf hohem, trockenem, die andere auf flachem, feuchtem Gelände; demnächst folgen die gemeine Kiefer und die Birke, den Schluss bilden die beiden Fichtenarten.

§ 10.

Die Berg- oder Hakenkiefer, Pinus montana var. uncinata. Die Berg- oder Hakenkiefer, auch Spirke oder Föhre genannt, eine der drei Abarten der Bergkiefer (pumilio, uncinata und mughus), ist in Europa heimisch, sie kommt hauptsächlich in Bayern vor, im Fichtelgebirge, dem Bayrischen Wald (Grenzgebirge gegen Böhmen), den Bayerischen Alpen, erscheint aber auch im Erzgebirge, dem Böhmerwald, in den Alpen überhaupt und vermutlich selbst in den Pyrenäen. Sie ist sonach ein Baum des Gebirges, bleibt stets unterhalb der Baumgrenze (im Gegensatz zu pumilio) und tritt dort selten in reinen Beständen auf, meistens den Fichtenbeständen einzeln oder horstweise beigemischt, wo sie durchschnittlich eine Höhe bis zu 15 und 18, ausnahmsweise bis zu 20 Metern erreicht. Sie steigt auch in die Ebene herab und bildet auf Moor- oder Torfböden und auf versumpften Bodenpartien reine Bestände von dichtem Schluss, aber geringerer Höhe; anderweitig kommt sie in der Ebene von Natur nicht vor. Aus ihrer südlichen Heimat ist sie (nach mündlicher Mitteilung des Pro-



Abb. 311. Zwölfjährige gemeine Kiefern neben zwölfjährigen Bergkiefern auf den Dünen bei Süderspitze.
(Aufnahme von P. Gerhardt 1899.)

fessors Mayr in München) durch Samen nach Dänemark, und zwar versehentlich, gekommen; statt des verlangten Fichtensamens wurde infolge fälschlicher Auffassung der bezeichneten Holzart Samen der uncinata geliefert. Doch haben überraschender Weise die aus der ersten Sendung erzogenen Pflanzen auf den Meeresdünen ein so günstiges Gedeihen gezeigt, dass unausgesetzt neue Sendungen verlangt wurden, bis die eigenen Bestände auf den Inseln Seeland und Fünen in genügender Menge den Bedarf an Samen deckten. Ueber die Herkunft und Verbreitung sowie über die Zweckmässigkeit des Anbaues der Bergkiefer spricht sich der Forstdirektor Burckhardt in seiner letzten Schrift „Aus dem Walde“ eingehend aus. Diese Aeusserung ist auch in dem bereits angezogenen Referat des Oberforstmeisters Müller-Königsberg, betreffend die auf der kurischen Nehrung ausgeführten Kulturen — Anhang zu dem Bericht über die zehnte Versammlung des preussischen Forstvereins von 1881 — auf Seite 120 bis 124 abgedruckt. Die Hakenkiefer hat die gastliche Aufnahme, die sie in Dänemark gefunden, mit Dank gelohnt; sie besitzt die vorzügliche Fähigkeit, sich allen Standortsverhältnissen anzuschmiegen; sie zeigt an den Gestaden der Ostsee ebenso wie an denen der Nordsee ein so gutes Gedeihen, dass es den Anschein hat, als ob sie dort heimisch wäre. Seit mehr als 25 Jahren wird sie im Regierungsbezirk Königsberg auf den Dünen der Ostsee angebaut und hat sich überall bewährt; sie gedeiht auf allen Bodenarten, selbst auf Torfboden, verträgt aber keinen Gras- und Krautwuchs, verlangt vielmehr einen offenen, der athmosphärischen Luft zugänglichen Boden; sie wächst im allgemeinen äusserst langsam, erreicht auf trockenem Sandboden mit zehn Jahren kaum eine Höhe von 50 cm, hat in der ersten Jugend keinen ausgesprochenen Höhentrieb, sondern das Bestreben, in die Breite und buschförmig in die Höhe zu gehen. Ihr Höhenwuchs beginnt hauptsächlich erst, nachdem sie sich geschlossen und den Boden gedeckt hat; hieraus ergiebt sich die Notwendigkeit, sie in möglichst engem Verbande zu pflanzen. Abb. 311 zeigt uns vergleichsweise zwölfjährige Bergkiefern neben gleichaltrigen gemeinen Kiefern auf der Wanderdüne im Dünenbezirk Süderspitze (kurische Nehrung); der Unterschied im Höhenwuchs dieser beiden Holzarten tritt hier in bestechender Weise zu Gunsten der p. silvestris hervor.

Die Bergkiefer hält sich dicht geschlossen, da jeder Seitenast von unten auf nach oben strebt und gleichberechtigt am Bestandsschluss teilnimmt. Dort, wo bei engem Verbande sorgfältige Nachbesserung stattgefunden hat, bildet sie undurchdringliche Dickungen und gestattet weder dem Winde noch der Sonne den Zutritt; trotzdem leidet sie nicht durch Schneedruck, Rauhreif oder dergl. Die Folge hiervon ist

die reichliche Erzeugung von Humus und die erhebliche Besserung des Bodens; alle abfallenden Nadeln kommen dem Boden zu gute. Die Bergkiefer hat eine sehr starke, dichte Benadelung, welche in höherem Grade als bei der gemeinen Kiefer Schatten zu ertragen imstande ist; die Jahrestriebe sind kurz, die Quirle stehen eng übereinander. Unter normalen Verhältnissen behält die Bergkiefer ihre Nadeln 5½ Jahre,

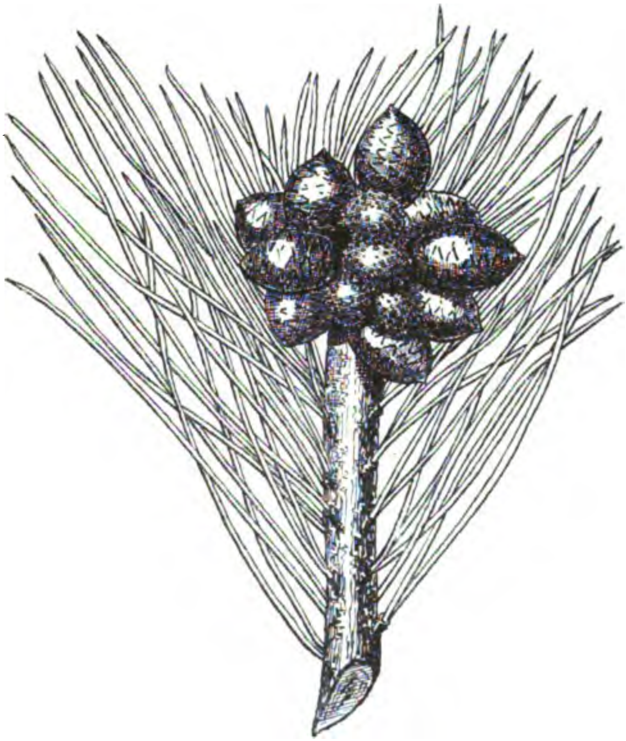


Abb. 312. Trieb der Bergkiefer mit 9 Zapfen des Jahrganges 1898. (Originalzeichnung.)

so dass regelmässig im Winter, d. h. während der gefahrdrohenden Jahreszeit, fünf Jahrgänge Nadeln an derselben Pflanze vorhanden sind; unter günstigen Standortsverhältnissen, d. h. auf frischem Boden und genügendem Lichteinfall, sind selbst neun Jahrgänge nebeneinander gefunden worden; unter sehr widrigen Verhältnissen fallen die Nadeln früher ab, selten aber findet man weniger als drei Jahrgänge an den Pflanzen. Die Bergkiefer trägt sehr frühzeitig, schon vom fünften Lebensjahre ab, Zapfen in überaus reicher Menge; häufig sitzen bis zu

zwölf grosse, gesunde Zapfen gedrängt um den Endtrieb herum. Der auf Abb. 312 dargestellte Trieb weist neun Zapfen des Jahrganges 1898 auf und ist am 2. Mai 1899 im Dünenbezirk Gr.-Bruch gebrochen.



Abb. 313. Zapfen der Bergkiefer. Seitenansicht. (Originalzeichnung in natürlicher Grösse.)

Samenarme Jahre sind äusserst selten; ein vollständiger Ausfall an Samen ist noch nicht zu verzeichnen gewesen. Die Zapfen haben, wie die Abb. 313 und 314 darthun, eine kurze, gedrungene Form, eine dunkelbraune Farbe und ein glänzendes Ansehen, als ob sie lackiert wären; sie lassen sich leicht und bequem pflücken, und platzen bei geringer Wärme (es sind höchstens 15—18 Grad Réaumur erforderlich); es genügt schon die erste Frühjahrssonne, um die Zapfen zum Platzen zu bringen, selbst wenn die Natur noch in den Fesseln des Winters liegt.

Seit einigen Jahren werden im Königsberger Bezirk, und zwar in Rossitten auf der kurischen und in Gr.-Bruch auf der frischen Nehrung, die Zapfen in einfachen Stubendarren, welche einen aus Ziegeln erbauten Ofen enthalten, ausgeklengt. Der Samen hat im allgemeinen dieselbe Grösse, Farbe und Form wie derjenige der p. silv., ist nur etwas stärker im Durchmesser und dunkler; die hellgefärbten Körner treten gegen die dunkeln sehr erheblich zurück. Der Same hat eine grosse Keimfähigkeit, 95—98 Prozent, und behält diese Keimfähigkeit bei seinem hohen Oelgehalt mehrere Jahre ohne erheblichen Verlust. Ein Hektoliter Zapfen liefert mindestens ein Kilogramm entflügelten Samens. Die Kosten stellen sich auf 2 bis 2,50 Mark für ein Kilogramm. Der Ertrag an Zapfen ist in den Schonungen des Königsberger Be-

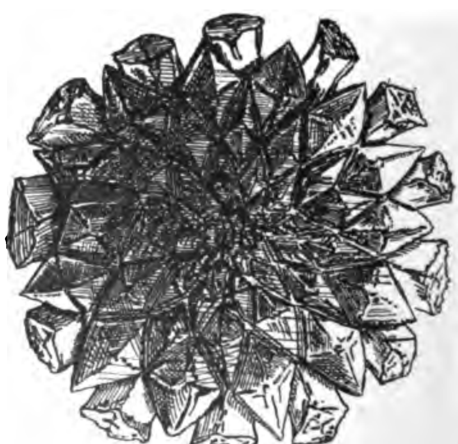


Abb. 314. Zapfen der Bergkiefer. Aufsicht. (Originalzeichnung in natürlicher Grösse.)

zirks schon jetzt ein derartig hoher, dass alljährlich mit Leichtigkeit ein Quantum von 800 bis 1000 Kilogramm gewonnen und der Bedarf aller Dünenverwaltungen in Deutschland gedeckt werden kann. Doch ist notwendig, dass die Bestellungen rechtzeitig, d. h. spätestens bis 1. September jeden Jahres an die Königliche Regierung zu Königsberg gerichtet werden, damit wegen Sammelns der Zapfen die Dünenbeamten mit Anweisung versehen werden können. Bis vor etwa zehn Jahren wurde der Bergkiefern-Samen von dem Forstrat Schroeder zu Wedellsborg bei Eiby in Dänemark bezogen und in guter Ware geliefert; die Kosten stellten sich aber einschliesslich des Transportes meist auf sechs Mark und mehr pro Kilogramm; auch erreichte er selten einen so hohen Prozentsatz an Keimfähigkeit als der in Deutschland gewonnene Samen.

Die Erziehung des Pflanzenmaterials in Saatkämpen stösst auf keine Schwierigkeiten und erfolgt auf dieselbe Weise wie bei der gemeinen Kiefer; die jungen Pflanzen leiden aber nicht an der Schüttekrankheit, können daher ohne Einbusse 2, 3 und selbst mehr Jahre unberührt in den Saatbeeten belassen und entweder mit entblösster Wurzel als ein-, zwei- oder dreijährige Pflanzen oder wie die Fichten als drei- bis sechsjährige Büschel verpflanzt werden. Selbst in dem gelinden Winter 1898—1899, welcher mit seinen schroffen Temperaturschwankungen nicht nur an der Seeküste, sondern fast überall im Binnenlande Ostpreussens die gemeine Kiefer in den Saat- und Schulkämpen und in den Freikulturen bis zum zehnjährigen Alter sehr stark mitgenommen und den grösseren Teil des Pflanzenmaterials vernichtet hat, ist die Bergkiefer fast gänzlich unberührt geblieben. Eine eigentümliche und noch nicht aufgeklärte Erscheinung ist es, dass seither noch niemals aus natürlicher Besamung hervorgegangene Pflanzen gefunden worden sind, obwohl in verschiedenen älteren Schonungen die Vorbedingungen dafür vorliegen dürften; es ist dies um so auffallender, als bei dem reichlichen Zapfentragen unzählbare Samenkörner alljährlich an den Boden gelangen; vermutlich ist der Boden noch zu humusarm, um ein genügendes Keimbett zu gewähren. Die Bergkiefer zeigt sich in hervorragender Weise unempfindlich gegen die schädigenden Einflüsse der See und der Winde; selbst unmittelbar hinter der Vordüne und auf hoch hervorragenden Dünenkuppen leidet sie nur sehr selten, indem die der See zugekehrten Zweige der äussersten Pflanzenreihe im Frühjahr in den Nadeln rot werden; derartige Beschädigungen ergänzen sich aber leicht und schnell durch die neuen Jahrestriebe, da in den meisten Fällen die Knospen unverletzt bleiben. Diese Holzart besitzt überhaupt eine grosse Lebenszähigkeit und Reproduktionsfähigkeit; zehn- bis fünfzehnjährige Pflanzen,

welche mehrere Jahre hintereinander auf grösseren Flächen von der Kiefernblattwespe (tenthredo [lophyrus] pini) vollständig kahl gefressen worden waren, überwanden den Verlust der Nadeln in kurzer Zeit; nach drei Jahren war völlige, normale Benadelung und Triebbildung wieder eingetreten.

Abb. 318 zeigt Bergkiefern mit eingesprengten gemeinen Kiefern; die letzteren sind wenig benadelt, zeigen kahle Beastung, während die

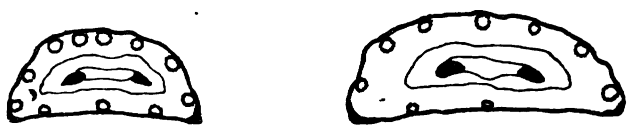


Abb. 315. Querschnitte durch Nadeln der gemeinen Kiefer Pinus silvestris. (15/1.)

Bergkiefern volle, die Zweige ganz einhüllende Benadelung haben. Die Unempfindlichkeit der Bergkiefer ist zunächst zu suchen in dem dichten Schluss der Schonungen und einzelner Gruppen, in der dichten Benadelung und in dem langjährigen Ansitzen der Nadeln, wodurch



Abb. 316. Querschnitte durch Nadeln der Bergkiefer Pinus Montana. (15/1.)

nicht nur die jungen Triebe und Endknospen eingehüllt, sondern auch die saftige Rinde der älteren Zweige und Stämmchen gegen das Anschlagen der Sandkörner und Eiskrystalle geschützt werden. Dann aber besitzen auch die Nadeln selbst in ihrer äusseren Form und



Abb. 317. Querschnitte durch Nadeln der Schwarzkiefer Pinus austriaca. (15/1.)

inneren Beschaffenheit Eigenschaften, welche ihnen Widerstandsfähigkeit gegen äussere Einflüsse gewährleisten.

Die Abb. 315 bis 317 stellen vergrösserte Querdurchschnitte der Nadeln von p. mont., silv. und austr. dar. Sie ergeben, dass bei der ersteren Kiefernart das Verhältnis der Breite zum Durchmesser erheblich günstiger als bei der p. silv. ist; es beträgt durchschnittlich:



Abb. 318. Gemeine Kiefern und Bergkiefern hinter den Vordünen bei Neutief auf der frischen Nehrung.
(Aufnahme von P. Gerhardt 1899.)

	die Breite	der Querdurchmesser
bei der Bergkiefer . .	1,50 mm	0,75 mm
„ „ gemeinen Kiefer.	1,75 mm	0,60 mm
„ „ Schwarzkiefer .	1,60 mm	0,85 mm

Die Form der Nadeln ist im Querdurchschnitt bei der Bergkiefer gedrungener als bei der gemeinen Kiefer; die Nadeln sind stärker gewölbt, bieten den aufschlagenden Sandkörnern eine geringere Fläche und begünstigen deren Abgleiten; auch sind sie in der Oberfläche glatt, glänzend und zäh wie Pergament, während die Oberfläche bei der gemeinen Kiefer sich rauh und der Länge nach gerieft darstellt. In der äusseren Form, dem

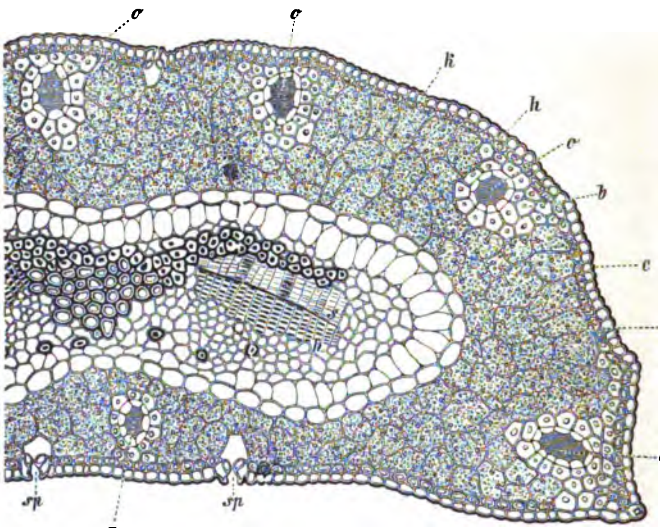


Abb. 319. Querschnitt durch eine Nadel von Pinus silvestris. (Nach Tschirch.) sp Spaltöffnungen; h Epidermis; c Cuticula; b Sklerenchym des Harz-Kanals; o Harz-Kanal; s Siebteil des Gefässbündels; h Holzteil des Gefässbündels.

Querdurchschnitt und der glatten pergamentähnlichen Haut (cuticula) der Nadeln steht die Schwarzkiefer der Bergkiefer am nächsten.

Ein weiteres, äusserliches Moment für die Widerstandsfähigkeit der Nadeln mag auch in den langen Nadelscheiden zu finden sein, welche bei der Bergkiefer meist eine Länge bis zu 8 mm aufweisen und fest die Basis der Nadeln umschliessen, während sie bei den andern Kieferarten kaum die halbe Länge erreichen, sich an ihrem oberen Ende lockern und von den Nadeln loslösen oder auch überstülpen. die Nadeln an ihrer empfindlichsten Stelle freigebend.

Von entscheidender Bedeutung dürfte aber der innere Bau der Nadeln sein; er wird in den Abb. 319 bis 321 der Querschnitte von Nadeln der p. silv, p. mont. und p. austr. dargestellt.

Nachstehend die Maasse für die einzelnen Organe, wie sie von Dr. Abromeit-Königsberg ermittelt und gütigst zur Verfügung gestellt sind, wobei unter μ (= mikrometer): eine Maasseinheit von 0,00125 mm zu verstehen ist. Es beträgt die Stärke:

	bei p. mont.	bei p. silv.	bei p. austr.
	in μ	in μ	in μ
1. Die Stärke der cuticula (oberen Haut)	2	1	3—4
2. Der Epidermiszellen			
a) in radialer Richtung	20—30	11—14	11—15
b) in tangentialer Richtung	7—13	9—10	9
c) in den Wandungen	5—7	6	6
3. Der Subepidermiszellen			
a) in radialer Richtung	7—8	6	10
b) in tangentialer Richtung	13—14	18	10
4. Der Epidermis an der Kante der Nadeln	65	35	30

Ganz besonders tritt bei der Bergkiefer die Stärke der äusseren Organe (zu 1, 2 a und 4) gegenüber der gemeinen Kiefer in den Vordergrund; bei der Schwarzkiefer ist zwar die cuticula fast doppelt so stark, im übrigen aber erreicht sie die Bergkiefer nicht. Auch sei noch darauf hingewiesen, dass die Nadeln der p. silv. 9—11 Harzkanäle und 4—5 Spaltöffnungen, die der p. montana nur 4 Harzkanäle und 12 bis 13 Spaltöffnungen und die der p. austr. 8—9 Harzkanäle und ungefähr ebensoviel Spaltöffnungen aufweisen. Bei der Bergkiefer liegt fast genau das umgekehrte Verhältnis vor, wie bei der gemeinen Kiefer; es mag auch hierin ein Grund für die grössere Widerstandsfähigkeit der Bergkiefernadeln zu suchen sein.

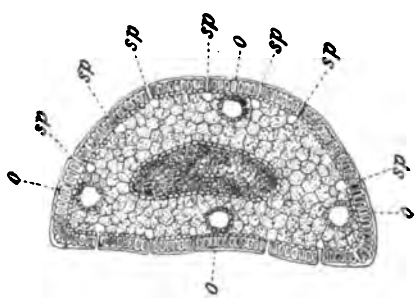


Abb. 320. Querschnitt durch eine Nadel von Pinus montana.
sp Spaltöffnungen; o Harzkanäle.

Die Bergkiefer muss überall da verwendet werden, wo keine andere Holzart Gedeihen verheisst, d. h. zunächst auf allen trockenen, der See und den vorherrschenden Winden, sowie der Sonne zugewendeten Erhebungen und Abdachungen, sodann unmittelbar hinter der Vordüne, selbst da, wo Bodenbeschaffenheit und Bodenfrische an sich der p. silv. zusagen würden, und schliesslich auf denjenigen Oertlichkeiten, welche, wenn

auch eben und wenig über dem Meeresspiegel sich erhebend, feinkörnigen, staubigen, für atmosphärische Niederschläge unempfänglichen Sandboden enthalten, oder aus Steingeröll oder ausgewaschenem Grand bestehen. Ein mindestens 100 m breiter Bergkieferngürtel muss hinter

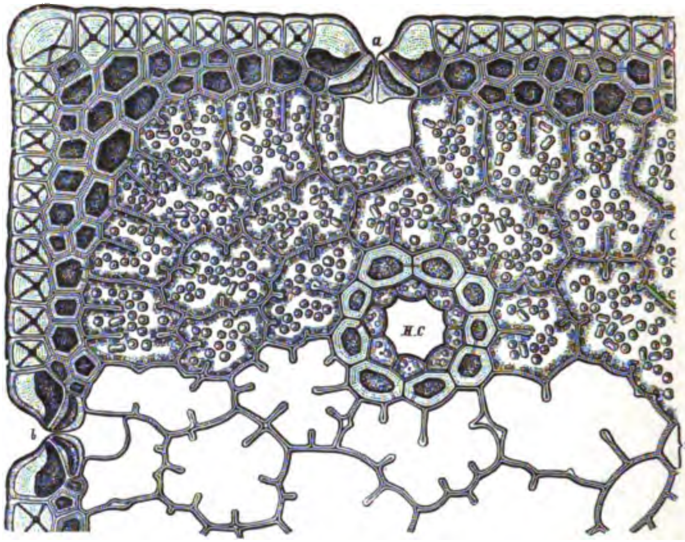


Abb. 321. Querschnitt durch den Teil einer Nadel von Pinus austriaca. a und b Spaltöffnungen; HC Harz-Kanal. (Nach Kny.)

der Vordüne das Dünengelände einrahmen, um letzterem Schutz zu gewähren und die Kultur anderer Holzarten zu erleichtern. Die feuchten Einsenkungen sind selbstredend von der Bepflanzung mit Bergkiefern auszuschliessen.

§ 11.

Die gemeine Kiefer, Pinus silvestris. Diese Kiefer dürfte in ihrem allgemeinen Verhalten auf Sandboden genügend bekannt sein; dass sie sehr empfindlich gegen die Einflüsse der See und Seewinde ist, dass sie auf dem trockenen, armen Dünensandboden sich schnell licht stellt, zopftrocken wird und den Boden nicht verbessert, ist bereits hervorgehoben; ihr schnelleres Wachstum in der ersten Jugend gleicht diese Nachteile nicht aus; sie kann daher nur auf die verhältnismässig frischeren Bodenpartien in geschützter Lage, oder auf die Ost- und Nordhänge der hohen Dünen gebracht werden. Es ist dringend erforderlich, gutwüchsige, geschlossene und gleichmässige Schonungen und Bestände heranzuziehen, damit diese allen Gefährnissen Wider-

stand leisten, alle äusseren Beschädigungen durch Insekten, Wild, Wind und Schneebruch etc., leichter überwinden können.

Für die der Bergkiefer unter § 10 überwiesenen Oertlichkeiten ist sie vollständig ungeeignet und lohnt aufgewandtes Kapital und Arbeit mit Undank. Daher wird nochmals angelegentlichst angeraten, beim Anbau dieser Holzart recht vorsichtig zu sein, vorher alle in Frage kommenden Faktoren, die das Gedeihen beeinflussen oder gefährden könnten, sorgfältig zu prüfen und im Zweifelsfalle sie durch die Bergkiefer zu ersetzen. Der letzte Winter, d. h. 1898/99, mahnt noch mehr zur Vorsicht; überall auf den Dünen Ostpreussens sind die Nadeln der gemeinen Kiefer, selbst in geschützter Lage, rot geworden; es war an Nadeln überhaupt nur der eine Jahrgang 1898 vorhanden und dieser fiel vorzeitig ab, so dass zahlreiche Schonungen vollständig entnadelt waren. Die Folge davon waren kümmerliche Jahrestriebe, langes Kümmern und schliessliches Eingehen zahlreicher Pflanzen.

§ 12.

Die Rotfichte, Picea excelsa. Sie kann nur in beschränktem Maasse zur Verwendung kommen, da sie weder wind- noch seeständig ist und in unmittelbarer Nähe der See frühzeitig sehr schnell kahl, buschig und strauchförmig wird; sie erträgt zwar infolge ihrer Zähigkeit lange Zeit alle Beschädigungen, vermag aber nicht in die Höhe zu gehen und weicht langsam und unfehlbar vor den schädlichen Einflüssen der Seenähe landeinwärts zurück. Ihre Verwendung ist aber in geschützter Lage zulässig und erforderlich zur Nachbesserung der älteren Kiefern-Kulturen und Schonungen, um geschlossene Bestände zu erziehen, zur Unterpflanzung lichter Altholzbestände, zur Auspflanzung von kleinen Windbruchslücken und Blössen in älteren Beständen, zur Aufforstung der frischen, graswüchsigen Ränder längs der Erlenbrücher und kleiner Erhebungen innerhalb dieser Brücher und schliesslich überall da, wo die p. silvestris wegen der Flachgründigkeit des Bodens oder wegen dichten Graswuchses nicht angebaut werden kann.

§ 13.

Die Weissfichte, Picea alba. Dieselbe stammt aus dem nordöstlichen (britischen) Nordamerika, namentlich aus Canada, wird bis zu 20 m hoch und liefert nur in beschränktem Maasse Nutzholzstämme. Bereits vor längerer Zeit ist sie nach Deutschland eingeführt und angebaut. An der Nordseeküste, an der Grenze mit Holland finden wir bereits 80jährige Bestände. Diese Holzart zeigt sich im allgemeinen gegen die schädlichen Einflüsse der See ebenso empfindlich

als die Rotfichte und kann ebensowenig als diese auf die der See und der herrschenden Windrichtung zugeneigten Dünen gebracht werden; sie hat aber den grossen Vorteil gegenüber der Rotfichte, dass sie geringere Ansprüche an die Bodenfrische macht und sich deshalb als Lückenbüsser für Oertlichkeiten eignet, wo die Rotfichte nicht mehr gedeiht; sie kann daher auf höheren Dünen in Bergkiefernschonungen einzeln oder gruppenweise zur Komplettierung eingesprengt werden. Sie verhält sich aber keinesfalls ablehnend gegen frischen bis feuchten, humosen oder gar lehmhaltigen Boden; hier zeigt sie ein vorzügliches Gedeihen und wetteifert mit der Rotfichte an Schnellwüchsigkeit und Höhenwuchs; hier auch tritt der silbergraue bis weissliche Schimmer ihrer Nadeln deutlicher hervor als auf ärmeren Böden. Die Weissfichte trägt sehr frühzeitig, in der Regel vom zehnten Jahre ab, alljährlich reichliche Zapfen, welche unter den Seitenzweigen senkrecht nach unten geneigt, dicht nebeneinander stehen. Die Zapfen sind, wie Abb. 322 ersichtlich macht, 3—5 cm lang, in geschlossenem Zustande 1—1$^1/_2$ cm, in aufgeplatztem, gesperrtem Zustande 2—2$^1/_2$ cm im mittleren Durchmesser stark und haben eine rein hellbraune Farbe, ähnlich derjenigen der Rotfichtenzapfen. Der Samen ist sehr klein, erheblich kleiner als der Rotfichtensamen, so dass mindestens die doppelte Anzahl Körner auf ein gleiches Maass gehen, hat aber die gleiche Form, namentlich die etwas gedrehte Spitze; die Farbe ist nicht bei allen Samenkörnern gleich; sie schwankt zwischen hellem, mattem und ganz dunkelem, fast schwärzlichem Braun; einzelne Körner sind sogar hell und dunkel gefleckt; im allgemeinen herrscht der dunklere Farbenton vor; die Körner liegen wie bei der Rotfichte in einer löffelförmigen Ausbauchung des unteren Teiles des Flügels; letzterer ist 7—10 mm lang und bis zu 4 mm breit. Keimfähige Körner sind in den Zapfen in äusserst geringer Zahl vorhanden; einzelne Zapfen enthalten sogar nur tauben Samen; hierdurch erklärt sich der hohe Preis des Samens, welcher zwischen 15—20 M. pro kg schwankt. Die Keimfähigkeit des guten Samens ist aber meist günstig; sie beträgt 70—85 vom Hundert. Der Samen wird von dem schon erwähnten dänischen Forstrat Schroeder in Wedellsborg oder von der Samenhandlung Conrad Appel in Darmstadt bezogen und stets in guter Beschaffenheit geliefert. In wenigen Jahren wird es im Regierungsbezirk Königsberg möglich sein, den Samen von den eigenen Beständen zu gewinnen. Zur Zeit würden



Abb. 322. Zapfen der Weissfichte Picea alba.
(Originalzeichnung in natürlicher Grösse.)

bei der geringen Zahl zapfentragender Pflanzen die Werbungskosten sich höher stellen als der Kaufpreis.

§ 14.

Die Schwarzerle, Alnus glutinosa. Sie gehört zusammen mit der Bergkiefer zu den wichtigsten Holzarten, zu den Pionieren für die Festlegung und Wiederbewaldung der Dünen; wie die Bergkiefer einzig und allein für die exponierten Kuppen, so kommt nur die Schwarzerle für die feuchten und nassen Einsenkungen in Frage, ohne Rücksicht auf deren Lage; sie ist ebenso unempfindlich gegen Wind und Sand wie jene Kiefer, verlangt aber wie diese möglichst engen Verband (1 bis 1,5 m im Quadrat) und guten Schluss, teils um den Boden schnell zu decken und den Gras- und Krautwuchs zu unterdrücken, teils um sich gegen die Einwirkungen der Seewinde durch dichte Bemantelung und Belaubung zu schützen. Die Beimischung anderer Holzarten ist schädlich und verzögert oder verhindert vollständig den Schluss; zulässig ist nur die stammweise Einsprengung der Birke in bescheidenem Maasse. Beschädigungen der Randpflanzen durch treibenden Sand oder Eiskrystalle kommen selbstredend auch bei dieser Holzart vor, namentlich im jüngeren Alter, doch werden dieselben leicht und schnell überwunden und durch neue Seitentriebe. durch dichtere Beastung ausgeglichen. Die Schwarzerle kann daher, vermöge dieser vorzüglichen Eigenschaft, überall, auch auf exponierten Flächen, selbst unmittelbar hinter der Vordüne, angebaut werden, soweit als die Bodenfeuchtigkeit dies zulässt; sie gedeiht vorzüglich auf dem reinen ausgewaschenen Seesande ohne jede Beigabe von Dungstoffen, so lange als dieser Boden völlig unbenarbt, daher offen für die atmosphärische Einwirkung ist. Wo der Boden ganz oder teilweise verrast oder mit Kräutern überzogen ist, lässt die Wuchsfreudigkeit der jungen Pflanze erheblich nach und bedingt unausgesetzte Nachbesserungen oder gar Wiederholung der Kultur. Diese unangenehme Erscheinung macht sich überall in den Erlenabtriebsschlägen bemerkbar, wo die vorhandenen Lücken mit guten verschulten Loden ausgepflanzt werden sollen. Trotz genügender Bodenfrische und des reichlich aufgespeicherten Humus gelingen diese Pflanzungen nur dann, wenn tief riolte, umfangreiche Pflanzplätze hergestellt werden.

Es empfiehlt sich deshalb überall da, wo die Festlegung und Aufforstung von Dünen in Aussicht genommen wird, zunächst und selbst schon einige Jahre vorher alle feuchten bis nassen Einsenkungen, soweit als diese nicht mehr der Uebersandung ausgesetzt sind, mit Erlen auszupflanzen, wozu zwei- bis dreijährige und selbst kräftige einjährige Sämlinge von 30—50 cm Höhe verwendet werden können.

Der Wuchs dieser Kulturen ist vorzüglich. Die jungen Pflanzen erreichen meist im Alter von fünf bis acht Jahren eine Höhe bis zu fünf Meter und bei grosser Stuffigkeit vollständigen Schluss. Die Verwendung verschulten drei- bis vierjährigen Pflanzmaterials wird dort erforderlich, wo kräftige Sämlinge nicht zu beschaffen sind, ausnahmsweise auch zu Nachbesserungen auf kleinen, weniger feuchten Bodenpartien. Der Schutz, den diese Erlenhorste auf die ganze Umgebung ausüben, ist von weitgehender Bedeutung. Auf graswüchsigen, nassen Einsenkungen, welche sich vielfach innerhalb des festgelegten Dünengeländes vorfinden, müssen schmale, bis zu 1,5 m breite Rabatten, rundliche Wälle oder auch Hügel angelegt und diese mit kräftigen, verschulten Pflanzen besetzt werden; unter allen Umständen ist aber darauf zu achten, dass in die Mitte dieser Rabatten, Wälle oder Hügel reiner Sand aus dem Untergrund aufgebracht wird, um in diesen die Pflanzen einzubetten.

Die Schwarzerle hat, wie oben angedeutet, mit der Bergkiefer die grosse Unempfindlichkeit gegen die Einwirkung der See und die bodenbindende und verbessernde Eigenschaft gemein, sie ist auch in gleicher Weise sturmständig, sie übertrifft die Bergkiefer aber erheblich hinsichtlich ihrer Schnellwüchsigkeit. Abb. 323 zeigt neunjährige Erlen am Fusse der Wanderdüne bei Süderspitze auf der kurischen Nehrung neben gleichalterigen Bergkiefern; während letztere noch nicht den Boden decken, haben die Erlen bereits drei- bis vierfache Manneshöhe erreicht und schützen die ansteigende Düne gegen die aushagernden Seewinde.

Diese Schnellwüchsigkeit macht die Schwarzerle um so wertvoller und unentbehrlicher für die Aufforstung der Meeresdünen, selbst an der Nordsee. Ueberall, wo man mit ihrem Anbau die gehofften Erfolge nicht erzielt hat, sind Fehler gemacht worden, entweder bei der Auswahl der Kulturflächen oder bei dem Kulturverfahren, in der Mischung mit anderen Holzarten und im Verbande.

Die Schwarzerle hat schliesslich noch die vorteilhafte Eigenschaft, dass sie häufig und reichlich Samen trägt, und dass sie in feuchten Jahren nach schneereichen Wintern kräftigen Anflug in grosser Menge liefert, welcher sich ohne Weiteres zu den Aufforstungen verwenden lässt. Auch stösst die Erziehung des Pflanzenmaterials in Saat- und Schulkämpen nirgends auf Schwierigkeiten. Die gute und sichere Ausschlagsfähigkeit ihrer Stöcke bewahrt sie bis über das sechzigste Jahr hinaus, und leidet bis zu demselben Alter selten an Stock- oder Stammfäule.

§ 15.

Die Birke. Betula verrucosa. Die Birke besitzt nicht die See- und Sturmständigkeit der Erle, kann deshalb nicht in reinen Beständen



Abb. 323. Neunjährige Schwarzerlen neben neunjährigen Bergkiefern auf den Dünen bei Süderspitze.
(Aufnahme von P. Gerhardt 1898.)

in exponierter Lage angebaut werden; wenngleich sie im Winde stehend lange Widerstand leistet und allen Unbilden trotzt, so sind es doch nur Zerrbilder eines Baumes, die sich uns darbieten: trockene Kronen, einseitige Beastung, krüppelhafte Stammformen, kein Schluss der Bestände, daher auch kein Schutz für den Boden und das dahinter gelegene Gelände. Und dennoch ist die Birke ein wertvoller Baum für die Dünen, sie eignet sich sehr gut zur Einsprengung in Erlenbestände, sei es stammweise oder in kleinen Gruppen. Hier wird sie durch die Erle geschützt und hoch gezogen; auch für die weniger feuchten Ränder der Erlenbrücher, für frische, der Erle nicht mehr zusagende Einsenkungen, kleine Schlängen und Terrainfalten in geschützter Lage, wie sie innerhalb der Binnendünen häufig vorkommen, ist sie von grosser Bedeutung. Diese Bedeutung gründet sich auf die bescheidenen Ansprüche, welche die Birke an den Boden stellt, auf ihre überaus leichte Verjüngung und Fortpflanzung durch natürlichen Anflug und auf ihre grosse Reproduktionsfähigkeit in der Jugend bei Beschädigungen durch Wild und Weidevieh. Ihre Unverträglichkeit gegenüber langsam wachsenden Holzarten kommt hier nicht zum Ausdruck, da sie nur mit Aspen und Saalweiden, vereinzelt auch mit Schwarz- und Silberpappeln in Konkurrenz tritt und vereinigt mit diesen Holzarten, ohne jeden Spatenstich gut geschlossene, ausgedehnte Bestände bildet, wenn die nötige Bodenfrische vorhanden ist. Die Einsprengung der Birke in die Erlenkulturen ist deshalb erwünscht, weil sie dereinst beim Abtriebe des Bestandes, als Samenbaum vereinzelt übergehalten, durch Besamung die Lücken zwischen den Erlenstockausschlägen deckt: den jungen Bestand schneller in Schluss bringt und kostspielige Nachbesserungen entbehrlich macht. Bei der erstmaligen Begründung der jetzt hiebsreifen Erlenbestände auf der kurischen und frischen Nehrung hat man leider die Beimischung der Birke unterlassen, anscheinend wegen Mangels an Pflanzen, weil alles verfügbare Material, entsprechend der damaligen Anschauung, zur Bepflanzung und Deckung des trockenen Uebergangsbodens zu den hohen Dünen verwendet wurde.

Die künstliche Erziehung von Birkenpflanzen wird meist nicht erforderlich sein, da diese entweder aus Anflugshorsten innerhalb des Dünengeländes entnommen oder aus unweit gelegenen Forsten und Gehölzen bezogen werden können. Die Anlage von Saatkämpen empfiehlt sich nicht, weil die Saat selten gelingt; entweder keimt der Samen spärlich oder garnicht, oder die jungen Pflanzen gehen infolge von Dürre wieder ein. Wo der Bezug von Birkenpflanzen mit einer Höhe von 50—75 cm auf Schwierigkeiten stösst, muss man unter Verwendung ein- bis zweijähriger Wildlinge Schulkämpe anlegen, welche fast nie versagen und gut bewurzeltes, stuffiges Material liefern.

§ 16.

Die Aspe, Weisserle, Schwarzkiefer, Pech-, Weymouths- und Bankskiefer. Die Aspe siedelt sich überall von selbst an und kann gern geduldet werden, weil sie im Gemisch mit Birke und Weide kostenlos gute Bestände liefert, auch für die Durchwinterung des Wildes, namentlich der Elche und Rehe von grossem Nutzen ist. Der künstliche Anbau der Aspe ist nicht erforderlich, stellt auch eine seither nicht gelöste Aufgabe dar. Die Erziehung von Pflanzen aus Samen dürfte noch nicht gelungen sein. Die in den älteren Beständen vorhandenen Pflanzen bestehen hauptsächlich aus Wurzelbrut, sind schlecht bewurzelt und schlecht zu gewinnen. Ihre Verwendung hat arge Enttäuschung zur Folge.

Die Weisserle (alnus incana) stellt hohe Ansprüche an die Beschaffenheit des Bodens, verlangt zum mindesten eine starke Beimischung von Humus; da sie ausserdem unter dem Einflusse der Seewinde über eine strauchartige Baumform nicht hinauskommt, nur dichtes, aber stets absterbendes, sich unten ergänzendes Buschwerk bildet und geringwertiges Holz liefert, so ist sie für die Meeresdünen nicht verwendbar, es müsste denn sein, dass ausnahmsweise besondere Bodenverhältnisse — eine Beimischung von Lehm, alter Waldhumus, geschützte Lage —, oder jagdliche Rücksichten — Schaffung von Remisen für Rebhühner, Fasanen — den Anbau dieser anspruchsvollen und empfindlichen Holzart wünschenswert erscheinen lassen.

Die Schwarzkiefer ist bereits mehrfach erwähnt und im allgemeinen als ungeeignet für die Dünenkulturen bezeichnet worden; immerhin kann sie auf frischem Boden und in bescheidenem Umfange angebaut werden, wo es darauf ankommt, durch die dunkele, kräftige Benadelung etwas Abwechselung in die Einförmigkeit und Eintönigkeit der gemeinen und Bergkiefernbestände hineinzutragen. Dieselben Rücksichten werden die vorsichtige horstweise Einsprengung der Pechkiefer (p. rigida), der Weymouthskiefer oder der neuerdings sehr empfohlenen Bankskiefer (p. Bankiana) rechtfertigen. Eine weitergehende Heranziehung dieser Nadelhölzer lässt sich mit den Zwecken und Zielen nicht vereinbaren, welche die Wiederbewaldung der Meeresdünen verfolgt.

C. Kulturverfahren im allgemeinen.

§ 17.

Zeitpunkt für den Beginn der Aufforstung. Unbedingt notwendig ist es, dass vor Beginn der Aufforstung die Vordüne längs des

Seestrandes eine solche Ausgestaltung erlangt hat, dass jede nennenswerte Zufuhr von Sand nach dem dahinter gelegenen Gelände ausgeschlossen ist. Wie die Vordüne beschaffen sein, welche Höhe und Breite sie erreicht haben muss, um ihren Zweck zu erfüllen, dem Binnendünengelände ausreichenden Schutz zu gewähren, ergiebt sich aus dem V. Abschnitt. Auch dem Laien wird es bei einiger Aufmerksamkeit und bei öfterer Beobachtung der Dünen möglich sein, zu entscheiden, ob die Vordüne fertig und geeignet ist, den von der See ausgeworfenen Sand festzuhalten und zur eigenen Verstärkung und zum weiteren Ausbau zu verwenden. Es bildet sich nämlich, sobald dieser Zeitpunkt eingetreten ist, fast regelmässig hinter der Vordüne, d. h. landseitig, flaches, ebenes Gelände, anfangs ein schmaler Streifen, der sich allmählich verbreitert und die Vordüne mehr oder weniger deutlich von den Binnendünen loslöst. Der Vorgang hierbei ist folgender:

Die über die Vordüne hinüberfallenden Seewinde stossen auf die dahinter gelegenen Sandmassen, rühren diese an der Oberfläche unaufhörlich auf und befördern sie landeinwärts weiter, bald in höherem, bald in geringerem Grade, je nach der Trockenheit des Bodens. Diese Arbeit setzt der Wind an der Angriffsstelle so lange fort, bis er an diejenige Bodenschicht gelangt, welche durch das Grundwasser dauernd feucht gehalten wird und daher nicht mehr gelockert werden kann. In gleicher Weise geht der Wind gegen die rückwärts gelegenen Dünen zum Angriff über, verbreitert den anfangs schmalen Gürtel und glättet und verflacht das meist in seiner Oberfläche unebene, wellige, hügelige und zerrissene Terrain. (Vgl. II. Absch.)

Wenn man dem Winde zu seiner planierenden und nivellierenden Arbeit hinlänglich Zeit lässt, so bildet sich schliesslich ein frisches, sich leicht benarbendes und begrünendes Dünengelände aus, das auf der einen Seite von der festen Vordüne, auf der anderen Seite von der beweglichen Wanderdüne eingefasst wird. Das vorzeitige Befestigen des Dünengeländes dagegen verhindert die günstige Einwirkung des Windes und erhält für alle Zeiten die ursprüngliche Formation der Binnendünen.

Es wird sich sonach empfehlen, mit der Festlegung bezw. mit der Aufforstung nicht voreilig vorzugehen, viel mehr zu prüfen, ob eine erhebliche Schädigung anderweitiger Interessen zu befürchten ist, wenn man der Bewegung des Sandes freien Lauf lässt. Dies wird der Fall sein, wo im Hintergrunde Waldungen auf altem Waldboden, ertragreiche Ackerländereien, üppige Wiesen und Weiden, Ortschaften und Einzelgehöfte liegen, oder wo die Schiffahrt, wie auf den ost- und westpreussischen Haffen, gefährdet ist. Liegen derartige Verhältnisse

nicht vor, so thut man gut zu warten. Auf der kurischen und frischen Nehrung sind, lediglich durch die emsige Thätigkeit des Windes, kostenlos ausgedehnte ebene Flächen mit frischem bis feuchtem Sandboden geschaffen und noch im Werden begriffen. Hier finden im Sommer Hunderte von Rindern und Pferden ihre Nahrung, hier sind geschlossene Erlen-, Birken- und Aspenbestände ohne Zuthun des Menschen entstanden; hier kann auch, wenn die Natur nicht selbstthätig auftritt, jederzeit und ohne jede Befestigung des Bodens die Aufforstung beginnen, oder wenn besondere Gründe dies erheischen, ohne Schaden hinausgeschoben werden. Ob die Aufforstung früher oder später erfolgt, ist, nachdem der Boden einmal benarbt, ohne Einfluss auf das Gelingen und Gedeihen der Pflanzungen. (Vergl. II. Abschn. § 13, S. 170)

Andere Maassnahmen sind erforderlich, wo die flüchtigen Dünen nicht weiter treiben und wandern dürfen, wo sie festgelegt werden sollen. Hier muss man von vornherein dahin Vorsorge treffen, dass der Festlegung die Aufforstung auf dem Fusse folgt. Solange der Boden locker und unbenarbt ist, vermögen die atmosphärischen Niederschläge wie Regen, Thau, Nebel, vermag die atmosphärische Luft leicht in den Boden einzudringen und den jungen Pflanzen Feuchtigkeit und Nährstoffe zuzuführen. Dieser günstige Zeitpunkt darf nicht verabsäumt werden. Der anfangs lockere Sandboden setzt sich sehr bald, bezieht sich mit Sandgräsern und Kräutern, wird in der oberen Schicht von den Sonnenstrahlen durchglüht und verliert völlig die Fähigkeit, Luft und Niederschläge von aussen aufzunehmen und die aus der Tiefe aufsteigende Feuchtigkeit aufzusaugen. Meist schon innerhalb zwei bis drei Jahre gelangen gebundene Dünen in einen Zustand gänzlicher Unthätigkeit und Abgeschlossenheit, namentlich an den Süd- und Westseiten. Der Regen läuft ab, oder bleibt in den Einsenkungen stehen und verdunstet. Tagelange Regenschauer sind nicht imstande soweit den Boden zu durchfeuchten, dass junge Kiefern im offenen Spalt gepflanzt werden können. Der trockene Sand füllt sofort den Spalt nach Entfernung des Spatens. Selbst die Winterfeuchtigkeit geht fast spurlos verloren. Tiefgehende, kostspielige Bodenlockerungen und trotz alledem häufige Misserfolge und Nachbesserungen der Kulturen sind die unausbleiblichen Folgen. Diese üble Eigenschaft des Dünensandes wird nach den Beobachtungen des Verfassers selten genügend gewürdigt. Ueberall, an der Ost- wie an der Nordsee tritt das seitherige Streben deutlich hervor, mit den verfügbaren — allerdings meist sehr bescheidenen — Mitteln zunächst die flüchtigen Dünen zu binden, das Schreckbild des gelben Gespenstes zu beseitigen. Erst wenn völlige Beruhigung und Benarbung eingetreten ist, geht

man einen Schritt weiter und beginnt die Aufforstung. In der Befürchtung, die Berge könnten wieder flüchtig werden, lockert man die Pflanzplätze garnicht oder doch nur ungenügend und überliefert die Pflanzen dem dürren, unempfänglichen Boden. Das Missraten der Kulturen führt dann vielfach zu der festen Ueberzeugung, es sei in dieser oder jener Oertlichkeit überhaupt unmöglich, die Dünen zu bewalden. Den schlagendsten Beweis hierfür liefern die Aufforstungsversuche auf der hohen Wanderdüne innerhalb der Feldmark Kampen auf der Insel Sylt, deren bereits im § 8 unter „Insel Sylt" Erwähnung gethan ist. Die mit grossem Fleiss und vielem Geschick gebundene Düne, welche gegen das Wattenmeer verderbenbringend vorrückte, hat sich in kurzer Zeit beruhigt und zum Teil mit der Krähenbeere (empetrum nigrum), dem Heidekraut (erica vulg. und tetr.), dem wilden Thymian etc. gut gedeckt; zum Teil ist sie noch kahl, überall aber so fest und hart, dass sie leicht mit Lastwagen befahren werden kann. Trotz dieser für Pflanzungen ungünstigen Beschaffenheit siegte die Furcht vor der Beweglichkeit des Sandes über die richtige Erkenntnis, dass zum Gedeihen der Kulturen eine vorherige Bodenlockerung erforderlich sei; es wurde ohne jede Vorbereitung des Bodens gepflanzt. Der Erfolg ist beinahe gleich Null. Nur an einigen kleinen Kuppen, auf denen zur Zeit der Aufforstung behufs Bindung des Flugsandes Sandgras gepflanzt, wo sonach lockerer Boden vorhanden war, hat sich die Bergkiefer normal entwickelt, zeigt einen kräftigen, üppigen Wuchs und hat ihren Fuss gedeckt; in der Umgebung ist sie ebenso wie die Schwarzkiefer kümmerlich, strauchartig und dem Absterben nahe. Facta loquuntur! —

Deshalb möge schon bei Aufstellung der Kostenanschläge als Regel gelten, dass die Befestigungs- und Aufforstungsarbeiten sich unmittelbar an einander anschliessen, dass die Aufforstung erfolgt, sobald als der Sand gebunden und beruhigt ist, vorausgesetzt, dass eine Aufforstung überhaupt geplant wird. Für letzteren Zweck ist die Festlegung durch Bestrauchung vorteilhafter. als durch Gräserpflanzung. Die Bestrauchung beruhigt den Sand sofort. setzt seiner Wanderung ein Ziel, so dass schon im selben Jahre die Pflanzplätze vorbereitet und frühzeitig im nächsten Frühjahr die Pflanzungen ausgeführt werden können. Das Sandgras dagegen leistet dem Winde nicht genügenden Widerstand, es lässt ihn über sich hinweg und zwischen sich hindurchstreichen; es gestattet noch für einige Zeit, ein bis drei Jahre, das Treiben des Sandes, wenn auch in erheblich vermindertem Maasse, bis die Grasbüschel und Grasreihen an Stärke und Höhe zugenommen und gegenüber dem Winde völlige Widerstandsfähigkeit erlangt haben. Die Festlegung durch Graspflanzen

ist, wenn genügendes Pflanzmaterial zur Verfügung steht, billiger als die Bestrauchung wird aber meist nur bei kleineren Flächen Anwendung finden können, während die Befestigung durch Reisig, trotz der höheren Kosten, namentlich dann den Vorzug verdient, wenn es sich um grosse Flächen handelt, für deren Bindung und Bewaldung ein längerer Zeitraum mit einem bestimmten, etatsmässigen Fonds in Aussicht genommen ist. Die Beschaffung und Anlieferung der umfangreichen Materialien an Reisig und Rohr erfordert einen grossen Apparat, kostspielige Vorbereitungen. Meist liegen die Dünen abseits von grösseren Dörfern oder Ortschaften und von Verkehrsstrassen. Es sind daher die Arbeiter und Arbeiterinnen von weiter her heranzuziehen und für deren Unterbringung transportable Baracken zu bauen; es müssen zur Beförderung der Materialien befestigte Zugangswege angelegt, am Ufer der Haffe oder Ströme Landungsbrücken errichtet, Feldbahnen beschafft und verlegt werden. Weil aber, wie oben ausgeführt, es bei der Festlegung durch Bestrauchung dringlich ist, die Aufforstung unmittelbar darauf folgen zu lassen, so können alle diese Anlagen und Anschaffungen zugleich für die Aufforstung nutzbar gemacht, dieselben Arbeiter zu den Pflanzungen verwendet werden; es wird hierdurch eine bessere Verteilung und Ausnutzung der Arbeitskräfte und der Arbeitszeit ermöglicht. Rechtzeitig im Frühjahr werden die Kulturen innerhalb der im Vorjahr festgelegten Flächen ausgeführt. Daran anschliessend wird die Bestrauchung fortgesetzt und gegen den Herbst hin die Vorbereitung und Düngung der Pflanzplätze für die nächstjährigen Kulturen bewirkt. Die Transportwege und Transportmittel stehen auch für die Herbeischaffung der Pflanzen, des Lehmes und etwaiger anderer Dungstoffe zur Verfügung. So reiht sich bei planmässiger und zuverlässiger Leitung, wie bei dem Getriebe einer Maschine, eine Arbeit an die andere an, das Gelingen des Ganzen fördernd, die Kosten wesentlich einschränkend.

Die Abb. 324 und 325 stellen die Festlegungs- und Aufforstungsarbeiten auf der kurischen Nehrung zwischen Süderspitze und Schwarzort dar, welche in der vorgeschilderten Weise seit zehn bis zwölf Jahren gleichzeitig zur Ausführung gelangen. Abb. 324 zeigt die soeben festgelegte, bestrauchte Wanderdüne, deren Aufforstung im nächsten Frühjahr erfolgen soll. Die offenen, bei der Bestrauchung ausgesparten Streifen treten deutlich aus der dunkelen Fläche hervor; sie sollen für den Verkehr bei den Kulturen und den später etwa notwendigen Nachbesserungen, für den Transport der Pflanzen, als Zugangswege überhaupt und zur Sicherung bei Waldfeuern dienen; jenseitig liegt das auf natürlichem Wege oder durch Pflanzung von Sandgras gebundene, teils flache, teils hügelige und zerrissene Dünengelände.

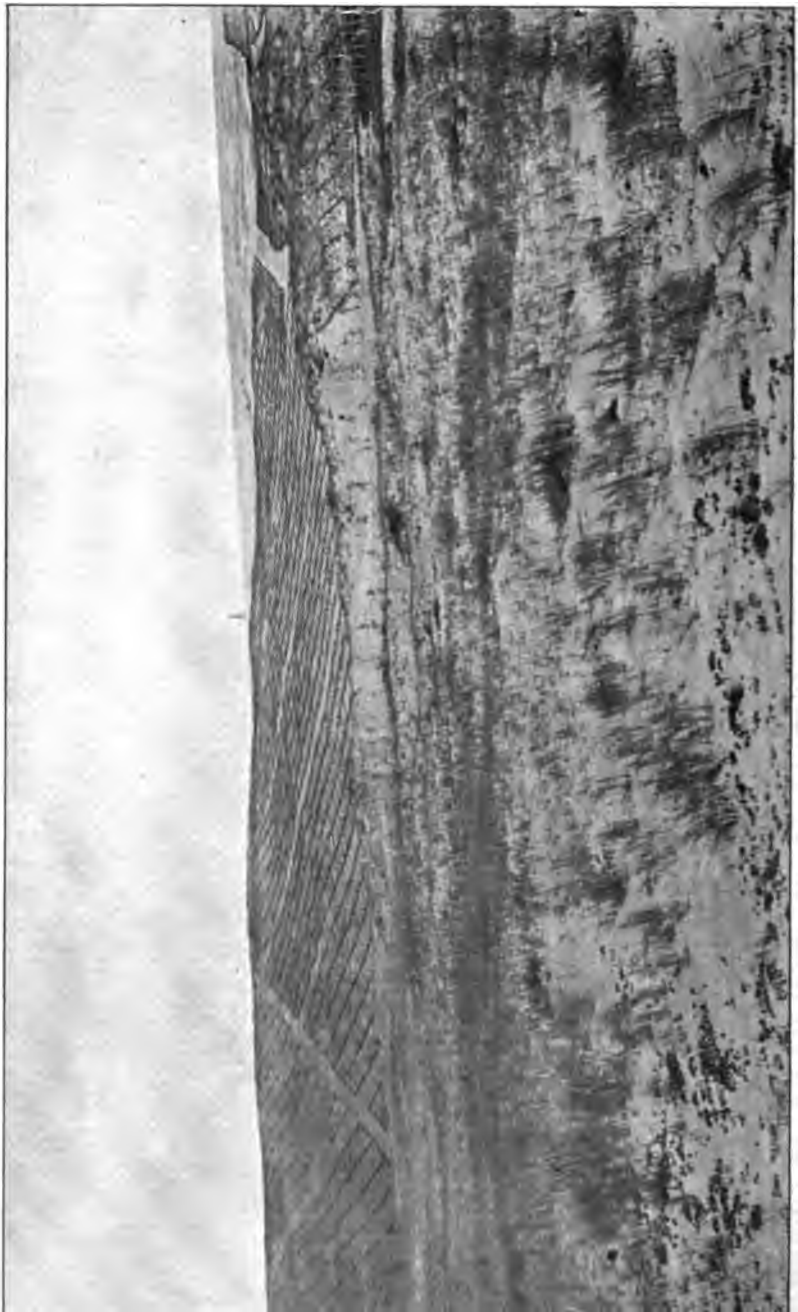


Abb. 324. Festlegung der Wanderdünen in der Bärenschlucht zwischen Süderspitze und Schwarzort.
(Nach einer Aufnahme von H. Hoffmann in Tilsit.)



Abb. 325. Bärenschlucht. Baracken der Arbeiterinnen. (Nach einer Aufnahme von H. Hoffmann in Tilsit.)

(Anschluss an Abb. 324.)

Abb. 325 schliesst sich südlich in der Richtung nach Schwarzort an Abb. 324 an. Wir sehen die noch ungebundene Wanderdüne, welche im nächsten Jahre, nach Ausführung der Kulturen auf dem angrenzenden Teil, in Angriff genommen werden wird und vermögen daraus zu erkennen, in welcher Weise die Arbeiten fortschreiten. Unterhalb des Fusses der Wanderdüne, in der sogenannten Bärenschlucht, liegen gegen die See durch die ausreichend hohe und starke Vordüne geschützt die transportabelen Baracken für Arbeiter und Arbeiterinnen; sie sind inzwischen abgebrochen und einige Kilometer weiter südlich wieder aufgebaut. Die Kosten dieser Versetzung sind recht erheblich; sie würden aber zweimal aufgewendet werden müssen, wenn die Aufforstung nicht unmittelbar auf die Festlegung folgte. Die Arbeiter sind dort nicht heimisch, sie müssen aus einer Entfernung von 15—30 Kilometer und sogar noch aus weiterer Ferne herangezogen werden.

Es ist oben gesagt worden, dass mit der Aufforstung vorgegangen werden müsse, sobald der Sand gebunden und beruhigt ist. Doch keine Regel ohne Ausnahme! Dies trifft auch bei jener Vorschrift zu, welche dahin modifiziert werden muss, dass die Pflanzung der Schwarzerle schon vorher erfolgen kann, d. h. kurz vor der Festlegung der Binnendünen oder gleichzeitig mit dieser Arbeit. Die Erle beansprucht einen feuchten Boden; es sind daher alle geeigneten Einsenkungen ohne Rücksicht auf ihre Grösse, selbst bis zu wenigen Ar herab, vorweg auszuwählen und im engsten Verbande mit Erlen zu bepflanzen. Innerhalb dieser Kulturflächen ist der Sand durch die Feuchtigkeit gebunden, daher unbeweglich; der von seitwärts hinein getriebene Sand beeinträchtigt das Gedeihen der Pflanzungen in sehr geringem Maasse. Wie schon früher angedeutet, wächst die Erle auf derartigen Flächen vorzüglich und gelangt schnell zum Schluss und zu einer beträchtlichen Höhe; sie übt auf die ganze Umgebung einen wohlthätigen, beruhigenden Einfluss aus, hält Wind und Sonne ab und begünstigt das Wachstum der später in ihrem Schutz angelegten Nadelholzkulturen.

Wir sehen in Abb. 326 eine Erlenschonung in der Niederung, welche sich seeseitig am Fuss der Wanderdüne zwischen Süderspitze und Schwarzort hinzieht. Sie ist angelegt ein Jahr vor der Bestrauchung und zwei Jahre vor der Aufforstung der Düne und bildet schon nach fünf bis sechs Jahren einen dichten Schutzwall für die dahinter gelegenen Bergkieferkulturen, dessen Wirkung von Jahr zu Jahr mit der zunehmenden Höhe des Erlenbestandes sich weiterhin ausdehnt. Derartige feuchte Einsenkungen finden wir häufig nicht nur am Fusse der Wanderdüne, sondern auch unmittelbar hinter der Vordüne und



Abb. 326. Erlen in den feuchten Niederungen, Bergkiefern in gedecktem Besteck auf den Wanderdünen zwischen Süderspitze und Schwarzort. (Aufnahme von P. Gerhardt 1898.)

in dem Terrain zwischen beiden Dünen. Auch hier ist die vorgreifende Pflanzung der Erle statthaft und von grossem Vorteil. Je näher die Erlenbestände an die See herantreten, desto weiter reicht der Schutz, den sie gewähren, desto grösser ist die Wirkung. Die Erle ist der Pionier für die Bewaldung der Meeresdünen.

§ 18.

Keine Freisaaten. Ueberall, sowohl an der Ostsee wie an der Nordsee herrscht darüber volle Uebereinstimmung, dass bei der Aufforstung der Dünen Freisaaten nicht angewendet werden dürfen, weder beim Nadel- noch beim Laubholz. Vom Verfasser sind verschiedentlich Versuche mit Kiefernsaaten auf benarbten Dünen angestellt worden. in gehackten Streifen, auf ungelockerten oder riolten Plätzen, mit geringer oder starker Bedeckung des Samens, Frühjahrs- oder Herbstsaat. Es wurde festgestellt, dass der Samen bis zu 5 cm Erddeckung ertragen kann; immer aber war der Erfolg negativ. Wenn auch die Saat, namentlich auf riolten Plätzen, häufig recht reichlich aufging, so verschwanden doch die jungen Pflänzchen bei der ersten trockenen Witterung im Juni und Juli allmählich und den Rest vernichtete der nächste Winter.

Nur eine Kiefernsaat gelang und zwar auf im Herbst riolten Plätzen, welche im nächsten Frühjahr mit einjährigen Kiefern bepflanzt werden sollten. Da die Kiefernsaatkämpe wider Erwarten versagten, die Pflanzen an der Schütte eingingen, wurden, der Not gehorchend, die Plätze in Querrillen mit Kiefernsamen besät, etwa drei Rillen bei 15 cm Abstand pro Platz. Die Frische des Bodens, denn es handelte sich um ein ebenes, flaches Gelände, und die günstige Witterung des Frühjahrs und Sommers veranlassten und sicherten das Gelingen der Kultur, die heute dicht geschlossen und freudig emporwächst. Leider hat sich das Elchwild dorthin gewöhnt und schält die etwa 1 m hohen Pflanzen während der Saftzeit.

Das einmalige Gelingen einer Freisaat kann von keiner entscheidenden Bedeutung sein und den Hauptgrundsatz, dass auf den Meeresdünen nur gepflanzt werden darf, nicht beeinflussen.

§ 19.

Regeln für die Kiefernkulturen. Für die Kiefernkulturen sind folgende Regeln massgebend:

1. Benutzung der natürlichen Bodenlockerheit; falls solche nicht vorhanden, —
2. tiefgehende Bodenlockerung im Herbst des Vorjahres;
3. möglichst enger Verband;

4. zeitiges Pflanzen im Frühjahr;
5. Verwendung kräftigen, gutbewurzelten Pflanzenmaterials;
6. sorgfältige Nachbesserung;
7. ausreichender Schutz gegen flüchtigen, treibenden Sand;
8. wenn möglich Düngung der Pflanzplätze mit humushaltigem, gut zersetztem Lehm.

Zu 1. Im § 17 ist darauf hingewiesen, dass zum Gedeihen der Kulturen auf den hohen Dünen es erforderlich sei, die Pflanzung sofort der Festlegung folgen zu lassen, um die natürliche Lockerheit des



Abb. 327. Kiefernbesteck auf stark geneigter Wanderdüne mit Kiefernpflanzen und Strauchdeckung bei Preil. (Aufnahme von P. Gerhardt 1898.)

Dünensandes nutzbar zu machen, da nach eingetretener Benarbung der Boden sich setzt und gegen die atmosphärischen Einwirkungen sich vollständig abschliesst. Es ist daher von grosser Wichtigkeit, dass die Festlegung durch Bestrauchung, d. h. durch netzförmiges Bestecken mit Reisig erfolgt und nicht durch Bepflanzung mit Sandgräsern, weil die letzteren den Sand nicht sofort beruhigen, auch bald wieder eingehen, nachdem die Bewegung des Sandes aufgehört hat; sie vermögen nur so lange zu wachsen, als sie von frischem Sande überweht werden. Nach höchstens 6 Jahren verlieren die Sandgräser ihre Wirkung und die erst nach Beruhigung und Benarbung des Bodens angelegten jungen Kiefernkulturen den Schutz gegen Stürme und treibenden Sand. Die Be-

strauchung dagegen schützt neben der Nutzbarmachung des lockeren Bodens die Pflanzungen vollständig gegen Beschädigungen durch Wind und Sand. Wenn auch nach sechs bis acht Jahren das Reisig verwest und umbricht, so ist dann der Boden fast überall mit Gräsern und Kräutern überzogen und wird durch die Kiefernpflanzen derartig gedeckt, dass die Stürme selten noch Angriffspunkte für ein neues Vernichtungswerk finden. Ueber das Auftreten des Bestecks wird auf die Ausführungen im IV. Abschn., Geschichte des Dünenbaues, verwiesen; die Art der Ausführung schildert § 6 des V. Abschnittes.

Wenn nun auch im allgemeinen nur die Bestrauchung die Möglichkeit gewährt, sofort mit der Aufforstung vorzugehen, so kann doch in einzelnen Fällen auch die Festlegung durch Sandgras denselben Vorteil bieten. Vielfach finden sich innerhalb bereits benarbter Dünen kleine Kuppen, exponierte Hänge etc., deren Festlegung ohne grosse Schwierigkeiten erfolgen kann. Hier lässt sich das Sandgras verwenden, es übt dieselbe Wirkung wie das Reisig aus, d. h. es beruhigt den Sand sofort, muss aber möglichst dicht und in engem Verbande gepflanzt werden. Hier kann die Kiefernkultur ebenfalls im nächsten Frühjahr ausgeführt werden. Abb. 327 u. 328 veranschaulichen beide Arten der Bodenbefestigung und der unmittelbar nachfolgenden Aufforstung. Die Bestrauchung hat einen Verband von 3 m im Quadrat und wegen der steilen Böschung eine kreuzweise Füllung der einzelnen Maschen, die Gräserpflanzung einen Verband von 2 m im Quadrat erhalten. Im ersteren Fall sind zweijährige Bergkiefern, im letzteren zweijährige gemeine Kiefern geflanzt; in beiden Fällen zeigen die Pflanzen ein gutes Gedeihen.

Zu 2. Wo die natürliche Lockerheit des Bodens nicht vorhanden ist, wo es sich um die Aufforstung von Dünen handelt, welche seit Jahren festgelegt und benarbt sind, müssen die Pflanzplätze im Herbst des Vorjahres tief gelockert, d. h. riolt und demnächst angetreten werden. Die Tiefe richtet sich nach der Beschaffenheit des Sandes, darf aber nicht geringer als 40 cm sein, damit der noch jungfräuliche, von Sonne und Wind nicht ausgehagerte Untergrund erreicht wird. Die Winterfeuchtigkeit dringt durch diese lockeren Plätze ein, teilt sich den unteren Schichten mit und wird dort aufgespeichert, um im nächsten Jahre allmählich emporzusteigen und zur Ernährung der Pflanzen beizusteuern. Auch die atmosphärische Luft vermag dem gelockerten Boden und den Pflanzen sich leicht mitzuteilen. Die Herstellung der Pflanzplätze im Frühjahr hat einen erheblich geringeren Erfolg, kann sogar bei anhaltender Dürre schädlich wirken, da die Bodenlockerung die Verdunstung der Feuchtigkeit begünstigt. Sollten Mangel an Arbeitskräften oder andere Hindernisse die Herbstarbeit

nicht gestatten, so müssen die Frühjahrs-Pflanzplätze möglichst fest angetreten und sofort nach ihrer Herstellung bepflanzt werden.

Zu 3. Die Dringlichkeit für einen möglichst engen Verband ergiebt sich aus den früheren Erörterungen. Je schneller der Schluss der Pflanzungen erreicht, je früher und dichter der Boden gedeckt und gegen die schädlichen Einwirkungen von Wind und Sonne gesichert



Abb. 328. Kiefernpflanzen in Sandgrasbesteck mit Deckreisig bei Neutief auf der frischen Nehrung. (Aufnahme von P. Gerhardt 1898.)

wird, desto grösser, desto sicherer ist der Erfolg. Der Verband ist allerdings nach unten hin durch verschiedene Rücksichten auf ein gewisses Minimum beschränkt. Es sind dies: hohe Kulturkosten, Mangel an Arbeitskräften, grosser Bedarf an Pflanzen, deren Beschaffung innerhalb der Meeresdünen meist auf erhebliche Schwierigkeiten stösst, zu starke Wundmachung der Bodendecke, sowie auch die Unmöglichkeit, im engsten Verbande tief gelockerte Pflanzplätze herzustellen; denn die Balken (Zwischenräume) zwischen den einzelnen Plätzen halten bei zu geringer Stärke nicht Stand und brechen zusammen. Im allgemeinen wird man mit dem Verbande unter einen Meter im Geviert nicht herunter-

gehen, wobei die Entfernung von Mitte zu Mitte der einzelnen Pflanzplätze zu rechnen ist. Um den Verband noch weiter einzuengen und das Gedeihen der Kulturen zu fördern, findet die Pflanzung gruppenweise statt, d. h. es kommen auf jeden Platz vier bis acht Pflanzen zu stehen; diese schliessen sich schnell zu einem kleinen Horst, schützen sich gegen die Einwirkungen des Sandtreibens und der Witterung und erreichen früher und sicherer Fühlung und Anschluss an die benachbarten Pflanzplätze, als es bei Einzelpflanzen der Fall sein würde. Auch bietet die reichliche Pflanzenzahl die Gewähr dafür, dass bei Beschädigungen durch Insekten, Wild, Witterungseinflüsse immer noch ein hinlänglicher Bestand an Pflanzen zur künftigen Deckung des Bodens verbleibt.

Zu 4. Um die im Boden vorhandene Winterfeuchtigkeit für die Pflanzungen soviel als möglich nutzbar zu machen, ist es dringend erforderlich, recht frühzeitig, sobald der Boden frostfrei geworden, mit den Pflanzungen vorzugehen. Zu dem Zweck müssen die Erdarbeiten im Herbst ausgeführt werden, müssen Pflanzen rechtzeitig zur Verfügung stehen. Spätfröste, die im Binnenlande häufig schädigend auftreten, machen sich in unmittelbarer Nähe der See selten oder doch nur in ganz geringem Maasse bemerkbar. Die Wärmeausstrahlung der grossen Wasserfläche und die ständige Luftbewegung verhindern eine zu starke Abkühlung der Luft. Dagegen treten im Frühjahr mit grosser Regelmässigkeit regenlose, dürre Perioden von vielfach langer Dauer ein, welche die jungen Pflanzen töten oder wenigstens stark schädigen, wenn sie nicht bereits vorher angetrieben, sich in den Wurzeln ausgedehnt und festen Fuss gefasst haben. Bei umfangreichen Kulturen wird die Pflanzzeit fast immer mehrere Wochen umfassen und es nicht zu vermeiden sein, dass die Pflanzungen teilweise den richtigen Zeitpunkt überschreiten. Zur Milderung der damit verbundenen Uebelstände empfiehlt es sich, auf den exponierten Flächen und überall da den Anfang zu machen, wo verschiedene Umstände das Gedeihen der Kulturen in Frage stellen. Hierzu sind ganz besonders die Nachbesserungen früherer Kulturen zu rechnen. Die Pflanzungen über den Monat Mai auszudehnen, wird überall gefährlich und daher unrätlich sein. Es ist besser, rechtzeitig aufzuhören und nach der heissen Jahreszeit, gegen Ende August und zu Anfang September fortzufahren. Derartige Kulturen gelingen im allgemeinen gut und bieten jedenfalls bessere Aussicht auf Erfolg als späte Frühjahrspflanzungen. Dass das Pflanzenmaterial inzwischen um einen Jahrestrieb älter geworden, ist von keinem Belang; nur wird bei den stärker ausgebildeten Wurzeln vielfach eine andere Pflanzart als die Klemmpflanzung vermittelst des Keilspatens Anwendung finden müssen.

Zu 5. Dass kräftige, gut bewurzelte Pflanzen, namentlich solche mit langen Wurzeln, besseres Gedeihen versprechen als schwaches Material, liegt auf der Hand; bei den Dünenkulturen ist hierauf noch mehr Rücksicht zu nehmen als bei irgend einer Kultur im Binnenlande. Das erste Jahr nach der Pflanzung ist meist entscheidend für das Gedeihen; es kommt höchst selten vor, dass Pflanzen im zweiten oder dritten Jahre noch eingehen, es müssten denn ganz besonders ungünstige Witterungseinflüsse sich geltend gemacht haben. Daher ist auf die Erziehung der Pflanzen in den Kämpen grosses Gewicht zu legen, grosse Sorgfalt zu verwenden. Am besten geeignet sind verschulte Kiefernpflanzen, da diese den unterirdischen Teil kräftig entwickeln, gute Faserwurzeln ausbilden. Wo in der Nähe der Kulturstellen Schulkämpe sich anlegen lassen, und dies wird in den meisten Fällen geschehen können, muss auf die Verschulung einjähriger gemeiner Kiefern und ein- oder zweijähriger Bergkiefern Bedacht genommen werden; es genügt das einjährige Verbleiben im Schulkamp. Die Erziehung derartigen Pflanzenmaterials gewährt zugleich noch den Vorteil, dasselbe jederzeit zur Hand zu haben und frühzeitig bei den Kulturen verwenden zu können; denn die Pflanzensendungen von auswärts gehen in der Regel erst später ein.

Zu 6. Sorgfältige, schleunige und unausgesetzte Nachbesserungen sind bei den Dünenkulturen unerlässlich; dieser Grundsatz ergiebt sich von selbst aus der mehrfach betonten Notwendigkeit, dicht geschlossene Bestände zu erziehen. Im nächsten Jahre nach der Kultur kann für die Nachbesserung noch die Bodenlockerung innerhalb der alten Riolplätze nutzbar gemacht werden; später sind neue Plätze daneben zu fertigen. Unter besonders schwierigen Verhältnissen sind an Stelle von ein- oder zweijährigen Kiefern Ballen von der gemeinen Kiefer oder drei- bis fünfjährige Bergkiefernbüschel zu verwenden; letztere werden wie Fichtenbüschel behandelt und gedeihen recht gut. In älteren Kulturen, bei denen wegen der Vorwüchsigkeit derselben die Kiefer nicht mehr nachkommen würde, sind die Lücken mit Weiss- oder Rotfichtenbüscheln oder verschulten Einzelpflanzen zu füllen.

Zu 7. Sowie mit der Aufforstung der Dünen nur dann vorgegangen werden darf, wenn der Boden benarbt oder durch Bestrauchung und Sandgraspflanzungen vollständig beruhigt ist, ebenso muss auch mit peinlichster Sorgfalt darauf geachtet werden, dass alle späteren Sandflugstellen, welche ausser bei den Kultur- und Nachbesserungsarbeiten auch aus anderer Veranlassung leicht entstehen können, sofort wieder gedeckt oder durch Besteck gesichert werden. Je nach dem Umfang dieser vom Winde angeschnittenen Partien oder Sandkehlen ist eine netzförmige Deckung mit Gras- oder Heidekraut-

plaggen oder eine netzförmige Besteckung mit Weiden- oder Nadelreisig, mit Heidekraut, Rohr, kräftigem Stroh oder starken Sandgrasbüscheln anzubringen; vielfach wird auch schon ein Bedecken der wunden Flächen mit Reisig, Rohr oder Gras und eine Belastung dieser Materialien durch Stangen genügen. Immerhin wird darauf zu achten sein, dass derartige Arbeiten gründlich und dauerhaft ausgeführt werden, um häufige Revisionen und Nachbesserungen zu vermeiden.

Zu 8. Der gänzliche Mangel an pflanzlichen und anderen Nährstoffen im Dünensande und die Neigung der hohen Dünen, im Sommer sich tief zu erwärmen und die Bodenfeuchtigkeit an die Luft abzugeben, lassen es notwendig, zum mindesten wünschenswert erscheinen, die Pflanzplätze zu düngen und zwar je nach der Möglichkeit, den einen oder andern Dungstoff zu beschaffen, mit humosem Lehm, Schlick, Humus- oder Moorerde oder mit einem Gemisch aus Lehm und Moorerde. Die Vereinigung von Humus und Lehm empfiehlt sich am meisten, da dadurch nicht nur nährende Stoffe zugeführt werden, sondern auch der Sand bindiger gemacht, die Verdunstung der Feuchtigkeit eingeschränkt wird. Die eigenartigen lokalen Verhältnisse innerhalb der Meeresdünen werden zwar meist nur eine geringfügige Düngung gestatten (Mangel an Dungstoffen, Kostspieligkeit der Werbung und des Transportes bis auf die hohen Kuppen), dennoch aber wird die Verwendung von ½ bis 1 l für jede Pflanze schon genügen, um ihre Erhaltung und ihre Entwickelung in den ersten Jahren zu sichern und zu fördern. Unbedingt notwendig ist aber, dass die Dungstoffe, namentlich der Lehm, feinkrümelig, locker, von der atmosphärischen Luft gut zersetzt sind und mit dem Sandboden gleichmässig gemischt werden können. Die Einbringung harten, stückigen, unzersetzten Lehmes ist nicht bloss nutzlos, sondern selbst schädlich, da durch ihn innerhalb der Pflanzplätze Hohlräume entstehen, welche die Verdunstung befördern, und da ausserdem die Anfertigung eines glatten und tiefen Spaltes und das ordnungsmässige Pflanzen der jungen Kiefern verhindert wird.

Wo der Beschaffung von Dungstoffen sehr erhebliche Hindernisse entgegenstehen, wird man davon Abstand nehmen und um so grössere Sorgfalt und Aufmerksamkeit der Bodenlockerung, der Auswahl kräftigen Pflanzenmaterials und der Zeit und Ausführung des Pflanzens angedeihen lassen müssen. Ob die Düngung mit künstlichen Dungstoffen innerhalb der Freikulturen auf den hohen trockenen Dünen einen Ersatz für die natürlichen (pflanzlichen) Düngemittel gewähren wird, lässt sich mit Bestimmtheit nicht behaupten. Die nach dieser Richtung hin angestellten Versuche haben zur Zeit zu einem ab-

schliessenden Urteil noch nicht geführt. Es hat aber den Anschein, als ob Kainit und Superphosphate, welche den Wurzeln leicht zugänglich sind, auf die Ernährung und Kräftigung der jungen Pflanze unmittelbar nach dem Pflanzen einen wirksamen Einfluss ausüben und sie befähigen werden, bei anhaltender Dürre besseren Widerstand zu leisten als ungedüngte Pflanzen.

§ 20.

Regeln für die Kultur der Fichte. Bei der Pflanzung von Fichten, die meist nur als drei- bis fünfjährige Büschel oder als fünf- bis sechsjährige verschulte Einzelpflanzen zur Verwendung gelangen, ist gleichfalls enger Verband (1—1,3 m im Geviert), zeitiges Pflanzen im Frühjahr oder bei geschützter Lage im Spätherbst und Auswahl kräftigen Pflanzenmaterials zu empfehlen. Zu tiefes Einpflanzen ist schädlich und zu vermeiden, weil die Wurzeln der Fichten, je dürftiger der Boden, um so mehr das Streben haben, ihre Wurzeln an der Oberfläche des Bodens auszudehnen, in unmittelbare Fühlung mit der Luft zu treten, deren Feuchtigkeit aufzusaugen und die geringsten Niederschläge sich nutzbar zu machen. Flache Hügelung, bei welcher der Wurzelballen etwa zur Hälfte über den Boden hinausragt, der Wurzelknoten jedenfalls über dem Boden zu liegen kommt, hat sich überall sehr bewährt; dazu ist aber erforderlich, dass Rasen oder Palten zur Verfügung stehen, um den kleinen Hügel abzudecken und das Abwehen oder Abwaschen des trockenen Sandes zu verhüten. Neuerdings haben Versuche mit der Verwendung zweijähriger Weiss- und Rotfichten gute Erfolge gezeitigt. Die zweijährigen Pflanzen können auch durch kräftige ein- oder schwache dreijährige ersetzt werden, wenn erstere fehlen; man bringt sie mit entblösster Wurzel, genau wie die ein- oder zweijährigen Kiefern, auf gut vorbereiteten Pflanzplätzen in den Boden und zwar getrennt von diesen oder platzweise gemischt. Die für die Kiefern gegebenen allgemeinen Regeln treffen auf derartige Fichtenpflanzungen ebenfalls zu; nur ist die Düngung entbehrlich, weil für dieselben weniger trockene bis frische Bodenpartien ausgewählt werden.

§ 21.

Die Kultur der Erle und Birke. Die Kulturen mit Erlen- und Birkenloden, oder mit andern gleichwertigen Laubhölzern, erfordern im allgemeinen geringere Aufmerksamkeit als diejenigen der Nadelhölzer, weil sie nur auf Einsenkungen und ebenen Flächen von geringer Erhebung über dem Grundwasser und in wenig exponierter Lage zur Ausführung gelangen. Doch ist auch bei ihnen ein enger

Verband (1—1,3 m im Geviert), zeitiges Pflanzen im Frühjahr, Verwendung kräftiger, gut bewurzelter Pflanzen und sorgfältige Nachbesserung dringend geboten. Auf stark verrastem Boden tritt, wie schon angedeutet, noch tiefgehende Bodenlockerung im Herbst auf möglichst grossen Plätzen (40 × 60 cm) hinzu; zur besseren Ausnutzung der kostspieligen Bodenvorbereitung können auf jeden Platz 2—4 Pflanzen gesetzt werden. Auf nassen oder undurchlassenden Bruchflächen sind im Herbst Wälle, Rabatten oder Hügel herzustellen. Die Herbstpflanzung ist zu vermeiden, weil die aus geschützt gelegenen Kämpen entstammenden Erlen und Birken sehr häufig durch die Winterfröste geschädigt werden und eingehen.

Sehr zu empfehlen sind kräftige Wildlinge mit Erdballen, wo solche in der Nähe zur Verfügung stehen; namentlich trifft dies für die empfindlichere Birke zu. Alle Laubholzpflanzen sind in der Beastung pyramidenförmig zu beschneiden.

Dass alle Pflanzen, Nadelholz sowohl wie Laubholz, sorgfältig ausgehoben und bis zur Verwendung gegen Beschädigungen der Wurzeln und deren Austrocknung geschützt werden müssen, bedarf kaum der Erwähnung.

D. Kulturverfahren in Ostpreussen.

§ 22.

Aufforstung flüchtiger Dünen. Die im staatlichen Eigentum stehenden Meeresdünen sind mit Ausnahme der den Forstrevieren Fritzen und Kobbelbude zugehörigen Dünen, welche aber nur einen geringen Umfang aufweisen, der Königlichen Dünenverwaltung unterstellt und haben einen Umfang von ungefähr 16000 ha; hiervon sind etwa 5300 ha bewaldet; der grössere Teil harrt noch der Aufforstung, bezw. der Festlegung und Aufforstung, je nachdem diese Dünenflächen bereits festgelegt und benarbt oder noch flüchtig sind.

Im § 17 ist gesagt worden, dass behufs Nutzbarmachung der natürlichen Bodenlockerheit der Festlegung die Aufforstung auf dem Fusse folgen müsse. Diesem Grundsatze entsprechend wird, während im Sommer oder Frühherbst die Bestrauchung vor sich geht, im unmittelbaren Anschluss daran oder jener allmählich folgend die Vorbereitung der Pflanzplätze vorgenommen. Sie muss vor Eintritt des Winters beendet sein, damit Winterfrost und Winterfeuchtigkeit ihren günstigen Einfluss auf Zersetzung des Düngers und seine innige Verbindung mit dem Sande, auf Durchfeuchtung und



Abb. 329. Strafgefangene beim Plätzemachen auf den Wanderdünen bei Preil. (Aufnahme von P. Gerhardt 1899.)

Wiederbefestigung des gelockerten Pflanzplatzes ausüben können. Die Bestrauchung erfolgt mit einer Maschenweite von 3 oder 4 m. Eine geringere Weite kommt kaum zur Anwendung. An steilen Hängen oder auf exponierten Kuppen wird jedes Feld in diagonaler Richtung durch eine kreuzförmige Besteckung mit Reisig oder Rohr gegen die Einwirkungen starker Winde oder gegen Abspülungen durch Regengüsse gesichert (vergl. Abb. 228 und 229 S. 336). Im Dünenbezirk Rossitten gelangt grundsätzlich die Maschenweite von 3 m, im Dünenbezirk Süderspitze diejenige von 4 m zur Anwendung (vergl. IV. Abschnitt § 24, S. 320 und V. Abschn. § 6). Im ersteren Fall werden je zehn netzförmige Streifen durch einen elften offenen Streifen getrennt, von denen zwei 3 m, der dritte 4 m breit ist. Hierdurch entstehen bandförmig quer über den Dünenkamm sich hinziehende Kabeln von 100 m Breite, welche durch den 4 m breiten, als Weg stets offen gehaltenen Streifen schon aus der Ferne sich bemerkbar machen. Die schmaleren Streifen werden später aufgeforstet. (Vergl. den Lageplan von Pillkoppen Abb. 116, S. 315.) Im Dünenbezirk Süderspitze bleibt jeder siebente Streifen von dem netzförmigen Besteck ausgeschlossen und von diesen jedesmal der fünfte dauernd unbepflanzt, so dass die letzteren Bahnen oder Wege untereinander 140 m Abstand haben. (Vergl. den Lageplan Abb. 220, S. 322). Soweit erforderlich, sind auch in der Längsrichtung der Dünen Wege auszusparen, für den Verkehr zu befestigen und dauernd beizubehalten.

Der Pflanzverband ist 1 m im Geviert, so dass für jede Masche oder Feld je nach der Weite von 3 oder 4 m neun bezw. sechzehn Pflanzplätze zu fertigen sind. Die Abb. 329 und 330 veranschaulichen die Herstellung und Düngung dieser Plätze und zwar auf mit Rohr in 3 m bezw. mit Reisig in 4 m Weite festgelegten Dünen. Die Arbeiter, mögen es nun Strafgefangene oder freie Arbeiter (meist Frauen und Mädchen) sein, fertigen, in drei Abteilungen geteilt, die einander folgen, 30 cm im Quadrat grosse und 30 cm tiefe Löcher, tragen in Schürzen oder Säcken aus starker Leinwand den Dungstoff herbei, schütten, nach dem Augenmaass, drei bis vier Liter desselben in jedes Loch, vermengen den Dünger innerhalb des Pflanzloches mit dem Untergrunde bis etwa auf 35 cm Tiefe, füllen das Loch bis oben hin mit Sand, treten es kräftig an und stecken auf den nun fertigen Pflanzplatz ein kleines Ende Reisig oder Rohr oder legen obenauf ein kleines Klümpchen Lehm, wenn der Dünger aus diesem besteht, damit im nächsten Frühjahr bei der Pflanzung die Pflanzplätze mit leichter Mühe aufgefunden werden können. Der Lehm fällt zwar im Laufe des Winters auseinander, hebt sich aber durch seine dunklere Farbe deutlich von dem gelben Dünensande ab.



Abb. 330. Arbeiterinnen beim Plätzemachen auf den Wanderdünen zwischen Süderspitze und Schwarzort.
(Aufnahme von P. Gerhardt 1898.)

Geübte Arbeiter bedürfen im allgemeinen der vorherigen Abmessung und Kennzeichnung der zu fertigenden Pflanzlöcher nicht; sie vermögen bei der regelmässigen Form der Felder mittelst des Augenmaasses oder des Spatenstiels oder durch Schrittmessung den richtigen Verband herzustellen; auch kommt es dabei auf eine geringe Abweichung nicht an. Bei ungeübten Arbeitern, wie z. B. bei den fast alljährlich wechselnden Strafgefangenen, bezeichnet man den Mittelpunkt der Plätze vorher durch Reisig oder Rohr, welches nachher zur Kennzeichnung des fertigen Pflanzplatzes wieder verwendet wird.

Bei Eintritt des Frühjahrs werden die gedüngten Pflanzplätze mit je vier einjährigen gemeinen Kiefern oder zweijährigen Bergkiefern mittelst des Keilspatens im offenen Spalt gepflanzt (geklemmt), in jede Ecke des Spaltes wird eine Pflanze gehängt und mit dem Spaten durch einen schrägen Stich angedrückt; es sind sonach zwei Spalte erforderlich. Die Pflanzen kommen etwa 20 cm von einander entfernt zu stehen. Durch einen Fusstritt zwischen die Pflanzen, quer zu beiden Spalten, wird der gelockerte Boden wieder befestigt, werden etwa gebliebene Hohlräume beseitigt. Unsere Abb. 331 zeigt uns eine Kolonne Arbeiterinnen, welche mit dem Pflanzen beschäftigt sind: es arbeiten stets zwei Personen zusammen, die kräftigere, rüstigere handhabt den Spaten, die jüngere, schwächere hängt knieend oder sitzend die Pflanzen ein, um sorgfältig darauf achten zu können, dass der Spalt glatt, gerade und hinlänglich tief geführt ist und dass die Wurzeln der Pflänzlinge in ihrer ganzen Länge gerade, ohne jede Krümmung oder Verschlingung hineinkommen. Ein kleines 10 bis 15 cm tiefes Gefäss, von Ton, Blech oder Holz enthält das Pflanzenmaterial, welches mit nassem Moos oder einem wollenen Lappen bedeckt und durch eine geringe Quantität Wasser gegen Luft und Sonne geschützt wird. Andere Arbeiter, am besten männliche Personen, schaffen auf Tragen die Pflanzen herbei und verteilen sie an die Pflanzerinnen und wieder andere ergänzen das Wasser in den kleinen Pflanzenbehältern. Selbstredend muss der leitende Beamte darüber wachen, dass nirgends eine Stockung eintritt. Die Pflanzen, welche in möglichster Nähe zur Verwendungsstelle einzuschlagen sind, werden dort von zuverlässigen Arbeiterinnen ausgehoben, durch Beseitigung schlechter oder beschädigter Exemplare verlesen und an die vorgenannten Zuträger übergeben.

Nachdem die Pflanzung beendet, die Kulturzeit vorüber ist, wird sogenanntes Häcksel, d. i. klein gehacktes Reisig oder Rohr, und alle Rohr- und Reisigabfälle und Nadeln in die einzelnen Felder und um die Pflanzen herum eingestreut, so dass der Boden gleichmässig und dünn bedeckt ist (vergl. V. Abschn., § 8). Es hat dies den Zweck,



Abb. 331. Arbeiterinnen beim Kiefernpflanzen auf durch Sandgras befestigten Wanderdünen bei Schwarzort.
(Aufnahme von P. Gerhardt 1898.)

die Einwirkung von Wind und Sonne einigermaassen zu mildern und die Verdunstung der Feuchtigkeit einzuschränken. Zugleich auch wird das bei den Pflanzarbeiten beschädigte Reisig- oder Rohrbesteck ausgebessert und ergänzt. Die Nachbesserung dieser Kulturen muss sofort im nächsten Jahre vorgenommen und nach Bedarf fortgesetzt werden; im allgemeinen wird es sich empfehlen, hierbei die Pflanzen nicht durch Klemmen vermittelst des Keilspatens einzubringen, sondern mit dem Pflanzstock, weil sonst leicht die auf demselben Platz vorhandenen angegangenen Pflanzen beschädigt werden können. Denn der als Hebel wirkende Spatenstiel übt auf den Boden einen sehr starken Druck aus, bringt den ganzen Pflanzplatz in Bewegung und verschiebt, zerreisst oder zerquetscht die feinen Saugwürzelchen. Der Pflanzstock liefert ein trichterförmiges Loch, welches die junge Pflanze bequem aufnimmt, mit lockerem Sand gefüllt und dann durch seitlichen Druck geschlossen wird. Bei Verwendung älterer, stark bewurzelter Pflanzen darf das Einfüttern des unterirdischen Teiles und das An- und Festdrücken des Bodens nur mit der Hand erfolgen; starker Seitendruck mit dem Pflanzstock ist jedenfalls zu vermeiden.

Auf den am Fusse der hohen Dünenberge sich hinziehenden feuchten und frischen Einsenkungen, soweit als sie unbenarbt sind, werden starke zwei- oder dreijährige Erlen-Sämlinge oder verschulte drei- bis fünfjährige Erlenloden von 0,75 bis 1,50 m Höhe in 1 m Quadratverband in offenen Grabelöchern gepflanzt, die nach Umfang und Tiefe den Wurzeln entsprechen; hierbei sind nur die auch im Binnenlande gebräuchlichen Vorschriften zu beachten. Die Löcher werden unmittelbar vor dem Pflanzen gefertigt, da sie infolge des flach anstehenden Grundwassers leicht mit Wasser sich füllen, zusammenlaufen, oder durch treibenden lockeren Sand sich verflachen. In die Erlen werden Birken eingesprengt und in gleicher Weise gepflanzt.

§ 23.

Aufforstung gebundener und benarbter Dünen. Die Pflanzung 1 bis 2jähriger Kiefern oder Bergkiefern mit entblösster Wurzel erfolgt ausnahmslos auf im Herbst des Vorjahres riolten Plätzen in 1 und 1,5 m Verband. Diese Plätze sind 40 cm breit, 60—80 cm lang und mindestens 40 cm tief; sie werden in der Weise angefertigt, dass man in den vorgenannten Dimensionen aus den ersten Plätzen den Boden aushebt und seitlich ausbreitet und sodann die offenen Löcher mit Sand aus den nächsten Plätzen füllt, wobei der obere Boden nach unten, der untere Boden zuoberst zu liegen kommt, und so weiter. Jeder fertige Pflanzplatz wird gut angetreten. Der Abstand der einzelnen Plätze von einander beträgt in der Längsrichtung 1,5 m und in der

Richtung der Breite 1 m, sodass ein Zwischenraum von 70 bezw. 60 cm verbleibt; infolge dessen verteilen sich die Pflanzen ziemlich gleichmässig über die ganze Fläche und gleichmässiger als bei einem Quadrat-Verbande. Das Einbringen der Pflanzen geschieht wie im § 22 beschrieben, vermittelst des Keilspatens, und zwar im allgemeinen die pin. silvestris zu 6 Pflanzen (3 Paare) und die Bergkiefer zu 8 Pflanzen (4 Paare) auf dem 60 bis 80 cm langen Platz; die einzelnen Paare werden soviel als möglich auseinander gezogen und stehen etwa 20 cm von einander entfernt. Eine Düngung mit Lehm oder Moorerde wird, wegen der hohen Kosten, nur vereinzelt bewirkt, hauptsächlich auf besonders trockenen Kuppen und Berghängen, und hat sich im übrigen nicht als durchaus notwendig erwiesen. Die Dungstoffe werden entweder einige Zeit nach Beendigung der Riolarbeit, doch ebenfalls noch im Herbst, in ähnlicher Weise wie auf den bestrauchten Wanderdünen eingebracht und mit dem Sande gemischt, oder erst bei der Pflanzung in den offenen Spalt, nachdem dieser die Pflänzlinge aufgenommen, bis zum Rande hineingeschüttet. Durch leises seitliches Klemmen erhalten die Pflanzen einen festen Halt im Boden. Bei letzterer Düngungsmethode tritt den beiden Pflanzerinnen eine dritte Arbeiterin hinzu, welche den Dungstoff von den auf der Kulturfläche verteilten Haufen entnimmt und in den Pflanzspalt streut. Wo Fichtensämlinge auf Riolplätzen den Kiefern beigemischt werden, beobachtet man dasselbe Pflanzverfahren; Düngung ist aber hierbei jedenfalls überflüssig, da es sich immer nur um frischere Kulturflächen handeln wird. Bei der Pflanzung von Fichtenbüscheln oder verschulten Einzelpflanzen sind andere Regeln als im Binnenlande nicht zu beachten; der Verband ist entweder ebenfalls 1 und 1,5 m oder 1,3 m im Geviert; auch werden 3 bis 5jährige Bergkiefernbüschel ebenso ausgepflanzt und zwar bei der Verwendung zur Nachbesserung 2 bis 3 Büschel pro Platz im alten Verbande, bei der Aufforstung exponierter Flächen in möglichst engem Verbande, 1 und 0,5 m und selbst 0,5 m im Quadrat; das Gleiche wie bei den Fichten trifft auch bei Erlen und Birken zu; jedoch kommen nur verschulte Loden oder Wildlinge bis zu 1,5 m Höhe zur Auspflanzung; Verband 1 und 1,5 m oder 1,3 m im Quadrat.

§ 24.

Pflanzenerziehung und Beschaffung. Wenngleich der sehr starke jährliche Bedarf an Pflanzen, namentlich an gemeinen und Bergkiefern zum grössten Teil durch Bezug aus den königlichen Forstrevieren des Regierungsbezirks Königsberg gedeckt werden muss, so ist es doch bereits gelungen, einen nicht unerheblichen Prozentsatz innerhalb der Dünenbezirke selbst zu erziehen; der Dünenbezirk Gr. Bruch

deckt seit Jahren seinen Pflanzenbedarf aus eigenen Kämpen, und auch auf der kurischen Nehrung schreitet allmählich die Pflanzenerziehung vorwärts. Hauptsächlich handelt es sich hier um ständige Kämpe, oder wenigstens um solche, die mehrere Jahre hinter einander benutzt werden müssen; zu dem Zweck ist jährliche Düngung und zeitweise Ruhe, etwa in Zwischenräumen von 3 bis 5 Jahren erforderlich. Zur Düngung wird Kompost verwendet, der in der Nähe der Kämpe bereitet wird aus Lehm, Schlick, Baggerboden, Humus- oder Moorerde und dem Unkraut, das beim Reinigen der Kämpe gewonnen wird, und dergl. mehr; die Komposthaufen müssen alljährlich mindestens zweimal umgestochen, gründlich durchgearbeitet werden. Drei Jahre gehören meist dazu, bis der Dünger gar, d. h. verwendbar ist; das Einstreuen ungelöschten gemahlenen Kalkes beschleunigt das Garwerden. Die Humus- und Moorerde wird in den Erlenbrüchern oder aus moorigen Einsenkungen und Wiesen entnommen; die lehmhaltigen Beimischungen sind im Allgemeinen aus weiterer Ferne herbeizuschaffen, da nur in der nächsten Umgebung des Dorfes Rossitten Lehmlager vorhanden sind. Die Kämpe und Pflanzgärten sind mit Reh- und Hasen-dichten Zäunen zu bewehren von mindestens 1,50 m Höhe; für Erlenschulkämpe genügen einfache Stangenzäune. Die Bewehrungen für alle andern Holzarten müssen aber aus Staketen, Spriegeln, Drahtgeflecht, Nadel- oder Weidenflechtreisig oder starkem Rohr hergestellt werden. Dichte Zäune gewähren bei freier Lage zugleich Schutz gegen starke Winde und gegen das Hineintreiben von Sand und Schnee.

In Abb. 332 sehen wir einen solchen Pflanzgarten, der mit einem dichten Zaun umgeben ist. Da überall, wo für Kämpe geeignete Flächen gefunden und ausgewählt werden, das Grundwasser flach ansteht, werden unmittelbar daneben kleine, einfach ausgestattete Brunnen von 1 bis 1,5 m Tiefe angelegt, oder grössere Tonnen eingegraben, um die Pflanzen und Saaten bei anhaltender Dürre angiessen zu können; der auf S. 499 dargestellte Garten hat sich den Luxus einer Pumpe geleistet, aus welcher das Wasser vermittelst hölzerner Gerinne nach beiden Seiten hingeleitet und in Tonnen aufgefangen wird, um dann in nächster Nähe verwendet zu werden. Die Kämpe werden in 1,5 m breite Beete geteilt und in Querrillen mit den verschiedenen Sämereien besäet oder mit Pflanzen beschult. Die Entfernung der Rillen beträgt im allgemeinen 25 cm von Mitte zu Mitte, ihre Breite bei Kiefern und Erlen 10 cm, bei Fichten 6 cm; an Sämereien werden pro ar verwendet: von pinus silvestris und montana 0,7 kg, von pic. alba 0,5 kg, von pic. excelsa und alnus glutinosa 1 kg. Zur Erziehung von 2- bis 3jährigen Erlen- und Birkenpflanzen, welche ohne vor-

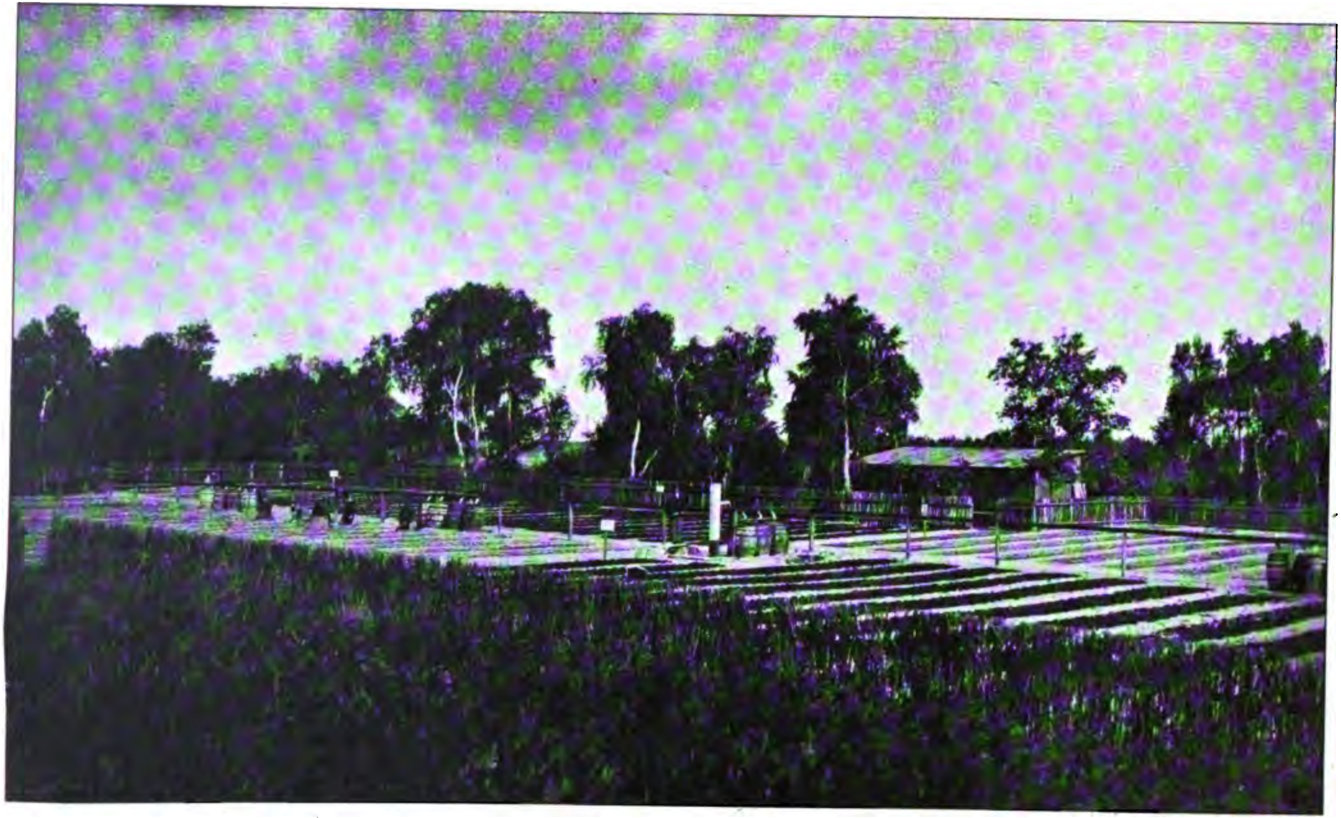


Abb. 332. Pflanzgarten bei Neutief auf der frischen Nehrung (Aufnahme von P. Gerhardt 1898).

herige Verschulung zu Frei-Kulturen verwendet werden sollen, werden 2 bis 3 kg Samen pro ar breitwürfig ausgesät. Für Verschulungen kommt folgender Verband zur Anwendung: 1jährige gemeine, 1- oder 2jährige Bergkiefern, welche nur ein Jahr in der Schule verbleiben sollen, 20 und 5 bis 10 cm; 1jährige gemeine Kiefern zur Erziehung von 3- bis 5jährigen Ballen, 25 bis 30 cm im Quadrat, 1- und 2jährige Rot- und Weissfichten zur Erziehung von 5- bis 6jährigen Einzelpflanzen, 20 bis 25 cm im Quadrat, 1- und 2jährige Erlen und Birken 30 cm im Quadrat.

Ganz besonders wichtig ist die Verschulung von ein- und zweijährigen Kiefern (p. silv. und mont.) in möglichst grossem Umfange, um im zeitigen Frühjahr das Pflanzenmaterial zur Verfügung zu haben und wenigstens für die erste Zeit von den auswärtigen Sendungen unabhängig zu sein, d. h. von den Kiefernpflanzen, welche in den Königlichen Revieren erzogen werden; denn im Binnenlande und inmitten der Wälder schwindet der Frost später aus dem Boden, wie an der See. Das Ausheben der Pflanzen kann daher nicht so frühzeitig erfolgen, als es erwünscht wäre, und das Verpacken, der Transport zur Eisenbahn oder zum Dampfschiff, die Weiterbeförderung bis zu den einzelnen Verwendungsbezirken, das mehrfache Umladen verzögert die Ankunft erheblich, schädigt auch häufig einen Teil der Pflanzen. Dies sind Uebelstände, die sich bei Dünen-Aufforstnngen wohl nirgends werden vermeiden lassen, die aber eingeschränkt und gemildert werden können, wenn die Dünenverwaltungen sich bemühen, mit allen erreichbaren Mitteln die Pflanzen soviel als möglich im eigenen Bezirk zu erziehen oder durch Verschulungen in Bereitschaft zu halten. Zu diesen Mitteln gehört auch das oben noch nicht erwähnte Düngen der Saat- und Schulkämpe mit künstlichen, mineralischen Dungstoffen. Die bisherigen Versuche haben gelehrt, dass selbst auf dem armen Dünensandboden für die Verschulung von Kiefern eine derartige Düngung allein ausreicht, um kräftige, brauchbare Pflanzen zu erziehen.

Die Anlage der Kämpe erfolgt in den Forstrevieren im allgemeinen in derselben Art, wie innerhalb der Dünenbezirke; nur werden die Kämpe höchstens zweimal benutzt, um die kostspielige Düngung und die zu starke Aussaugung des Bodens zu vermeiden. Für Rechnung der Dünenverwaltung werden ausschliesslich Bergkiefernsaatkämpe angelegt, aus welchen die Pflanzen im zweijährigen Alter, selten ein- oder dreijährig zur Versendung gelangen. Ausserdem wird der ganze Ueberschuss an einjährigen Kiefern (p. silv.) zum Taxpreise abgegeben, ebenso auch Erlen- und Birkenpflanzen. Die Kiefernpflanzen werden sorgfältig verlesen, zu ein- bis dreihundert Stück zusammengebunden und in grossen Flechtkörben oder Lattenkisten luftig und etwas an-

gefeuchtet verpackt. Um das Zusammendrücken, Erhitzen und Verbrühen und das Hin- und Herschieben in den Kollis zu verhüten, werden innerhalb derselben durch Querstäbe und Latten mehrere Abteilungen gebildet; die Wurzeln kommen konzentrisch nach innen, die Nadeln nach aussen zu liegen. Die schichtweise Beifügung von Fichtenreisig oder frischem — nicht nassem — Moos, namentlich zur besseren Absonderung der einzelnen Abteilungen, ist zu empfehlen.

§ 25.

Beschaffung der Dungstoffe. Diese erfolgt auf sehr verschiedene Weise. Dem Dünenbezirk Süderspitze, welcher mit seinem nördlichen Teil unmittelbar an das Seetief bei Memel heranragt, stehen grosse Mengen seit langen Jahren abgelagerten Baggerbodens zu Gebote, der aus grau gefärbtem humushaltigem Lehm besteht und dem Seetief, dem Hafen und dem Dangefluss entstammt. Er ist auf der Nehrung selbst, am Haffufer aufgeschichtet, wird von hier mittelst Feldeisenbahn auf den Dünenkamm befördert, von den einzelnen Ablagestellen aus mit Fuhrwerk auf die Verwendungsstellen geschafft und in kleinen Mengen aufgesetzt. Die Kosten sind infolgedessen gering; sie stellen sich nach der Länge des Transportweges auf 3 bis 5 Mark für den Kubikmeter. Kostspieliger ist die Beschaffung des zur Düngung erforderlichen Lehmes in den Bezirken Schwarzort und Rossitten. Dort wird er, teils zu Schlitten, teils zu Kahn über das kurische Haff von der littauischen Seite her bezogen, wird am Ufer ausgesetzt und mit Wagen auf die hohen Dünen gefahren, wo er in Haufen zu 1 bis 2 cbm verteilt wird. Die Anlieferungskosten steigern sich hier auf 8 bis 10 Mark für einen Kubikmeter. Im Dünenbezirk Schwarzort, wo die Aufforstung der alten festen Dünen wegen ihrer grossen Trockenheit und wegen des feinkörnigen Sandes grosse Schwierigkeiten verursacht, wird der Lehm zu $1/2$ bis $2/3$ mit Moorerde gemischt, welche einem tiefen Bruche entnommen ist. Die Mischung erfolgt erst, nachdem beide Stoffe mindestens ein volles Jahr unter dem zersetzenden Einflusse der Luft über dem Erdboden gelagert haben. Da die Werbung der Moorerde geringe Kosten verursacht, kommt ein Kubikmeter des Düngers auf nur 6 Mark zu stehen. Auf der frischen Nehrung liegen die Verhältnisse günstiger; denn das frische Haff enthält auf dem Grunde grosse Mengen fruchtbaren Schlickes, welcher ihm durch die im Westen und Südwesten einmündenden Ströme zugeführt und durch die nach Pillau gerichtete Abwässerung des Haffes bis in seinen nordöstlichen Teil getrieben wird. Er ist zwar von sehr zäher Beschaffenheit, wird aber vermöge des grossen Gehaltes an pflanzlichen Bestandteilen mürbe und feinkörnig, nachdem er den atmosphärischen Einflüssen ein bis

zwei Jahre ausgesetzt gewesen, namentlich vom Winterfrost gründlich durchdrungen ist. Dieser Schlick wird im Winter unter dem Eise oder bei offenem Wasser in Kähnen vermittelst durchlassender Gefässe oder feinmaschiger Netze geschöpft, und am Ufer, zunächst einen halben Meter hoch ausgesetzt. Nachdem er seinen Ueberschuss an Feuchtigkeit abgegeben, sich verdickt hat, kann er höher aufgeschichtet werden. Im Danziger Regierungsbezirk wird dieser Dünger in grossem Umfange für die Aufforstungen nutzbar gemacht. Zur ersten Aufnahme des Schlickes sind am Haffufer grosse Bassins erbaut, in denen er behufs Abtrocknung längere Zeit verbleibt. Die Werbung wird an Unternehmer in Akkord vergeben; ein Kubikmeter kostet an der Verwendungsstelle ungefähr 5 Mark. Da im Dünenbezirk Gr. Bruch im allgemeinen nur feste und benarbte Dünen zur Aufforstung gelangen, werden die Pflanzplätze nur ausnahmsweise gedüngt; dagegen wird der Haffschlick in reichlichem Maasse für die Saat- und Pflanzkämpe verwendet, und zwar durch direktes Einbringen oder nach vorheriger Kompostierung. Sollte mit der Festlegung und Aufforstung der Wanderdüne vorgegangen werden, was zur Zeit in Aussicht genommen ist, so würde hierbei der Haffdünger gute Dienste leisten. Er tritt am Fusse dieser Düne vielfach zu Tage, indem ihn die steil in das Haff hinabgleitenden Sandmassen durch ihre Schwere bis über den Wasserspiegel in die Höhe drücken, wo er allmählich eine feste Form annimmt (vgl. I. Abschn. § 43 und die Abb. 49 u. 50 S. 96 u. 97). Seine Werbung wird sich hier erheblich billiger stellen, als durch Schöpfen. Im allgemeinen werden 40 cbm Dünger für einen Hektar gerechnet, so dass bei dem Quadratverbande von einem Meter und bei vier Pflanzen pro Platz rechnungsmässig vier Liter auf jeden Platz, oder ein Liter auf jede Pflanze treffen würden. Durch den Verlust beim Transport, dem mehrmaligen Auf- und Abladen und dem Umstechen verringert sich das Quantum in der Regel um 25%, d. h. auf ca. drei Liter pro Platz.

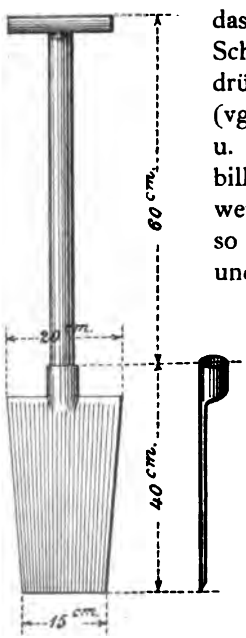


Abb. 333. Gradblattiger Keilspaten.

§ 26.

Kulturwerkzeuge. Ganz besondere Werkzeuge erfordern die Dünenkulturen im Vergleich zu denen im Binnenlande nicht. Das wichtigste und ein ganz unentbehrliches Werkzeug ist der gradblattige Keilspaten (Abb. 333). Er dient zum Pflanzen (Klemmen) der Kiefern mit ent-

blösster Wurzel und zum Einbringen des Besteckreisigs in den Boden. Ebenfalls zum Pflanzen der Kiefer, namentlich für Nachbesserungen, dient der Pflanzstock (Abb. 334), der von hartem Holz oder Eisen gefertigt sein kann. Unsere Abbildungen stellen ihn sowohl wie den Spaten mit Angabe der Abmessungen dar, so dass eine nähere Beschreibung sich erübrigt.

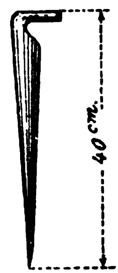


Abb. 334. Pflanzstock.

Nebenbei kommen zur Verwendung gewöhnliche Grabespaten, wie sie bei der ländlichen Bevölkerung gebräuchlich sind, leichte Beile zum Kürzen des Reisigs und des Rohres, Signalstangen zum Einrichten der Reisigbestecklinien und der Pflanzreihen, Kulturleinen, kleine Pfähle, leichte Tragen, Körbe, Schürzen oder Säcke u. dgl. mehr. Die Tragen werden am besten aus Eschen- oder Eichenholz hergestellt und mit engmaschigem Drahtgeflecht oder starker Sackleinwand überspannt; möglichst geringe Schwere ist wegen der Ueberwindung steiler Berge ein dringendes Erfordernis. Die Haltbarkeit darf dabei nicht ausser acht gelassen werden. Da auf dem lockeren Dünensande Karren nicht verwendbar sind, werden sie durch die Tragen ersetzt. Auf ihnen sind die Pflanzen aller Art, von der einjährigen Kiefer bis zum Kiefern-Ballen oder Fichtenbüschel, die Dungstoffe, das Deckmaterial, Reissig-Häcksel etc. innerhalb der Kulturfläche zu befördern.

§ 27.

Kulturkosten. Bestimmte Einheitssätze können nicht angegeben werden, da die lokalen Verhältnisse äusserst verschieden sind und die Kosten wesentlich beeinflussen. Die nachstehenden Zahlen stellen das ungefähre Mittel aller derjenigen Kosten dar, welche im Laufe der letzten 10 Jahre auf den verschiedenen Arbeitsstellen für einen Hektar haben aufgewendet werden müssen:

Das Bestrauchen der Wanderdünen einschliesslich Ankauf und Transport des Materials . . . . 700 M.

Dazu erforderlich 150 bis 250 rm Rohr oder Reisig zu 2,50 bis 3,00 M. einschl. des Transportes; das Häcksel zum Eindecken ist darin einbegriffen.

Anlieferung der Dungstoffe, pro ha 40 cbm zu 7,50 M. . . 300 M.

Herstellung der Pflanzplätze in 1 m Quadratverband einschliesslich Düngung . . . . 50 M.

Bepflanzen dieser Plätze mit 100 × 4 = 400 Hundert ein- oder zweijährigen Kiefern . . . . 125 M.

Latus: 1175 M.

Uebertrag: 1175 M.

Allgemeine Unkosten, als Herstellung von Arbeiterbaracken, Anlage von Landungsbrücken für die Wasserfahrzeuge, Beschaffung von Feldeisenbahnen, Besoldung von Hilfsaufsehern etc. . . . . 25 M.

Zusammen 1200 M.

Diese Kosten können sich je nach der mehr oder weniger günstigen Lage der Arbeitsstelle, nach der Maschenweite der Bestrauchung, oder nach dem zeitweisen Sinken und Steigen der Materialienpreise bis zu 25 vom Hundert ermässigen oder erhöhen.*)

Die Kosten für die Aufforstung fester Dünen auf Riolplätzen, ohne Bestrauchung und Düngung, aber einschliesslich der Pflanzenbeschaffung stellen sich pro ha auf 120 bis 180, im Durchschnitt auf 150 Mark.

Die Anlage von Saat- und Schulkämpen erfordert einschliesslich der Düngung einen Kostenaufwand von 10 bis 15 Mark für einen Ar.

Das Auspflanzen von Fichten und Bergkiefern-Büscheln, von Fichten und Kiefern-Ballen oder von Erlen und Birken-Loden kostet pro Hundert Pflanzen einschliesslich der Herstellung der Pflanzlöcher 1,50 bis 2,50 Mark.

E. Kulturverfahren in Westpreussen, Pommern und an der Nordsee.

§ 28.

Kulturverfahren in Westpreussen. Nur im Regierungsbezirk Danzig sind staatliche Meeresdünen vorhanden und zwar:

1. auf der frischen Nehrung im nordöstlichen Anschluss an den Regierungsbezirk Königsberg, westlich bis Bodenwinkel reichend,
2. längs des Festlandes von Bodenwinkel bis Neufähr und
3. auf der Halbinsel Hela.

Der östliche Teil der frischen Nehrung bis zum Leuchtturm bei Kahlberg (der III. Dünenbezirk) ist der Dünenverwaltung unterstellt;

*) Im IV. Abschn. S. 316 u. 324 wurden als Kulturkosten für die Befestigungen bei Pillkoppen 1620 M., für die Befestigungen der Dünen zwischen Süderspitze und Schwarzort 690 M. a. d. ha angegeben. Diese Zahlen sind den Rechnungslegungen entnommen. Ihr Unterschied wurde in den §§ 24 und 25 des IV. Abschn. aufgeklärt. Der Bedarf an Strauch beträgt im Bezirk Süderspitze (nach V. Abschn. §§ 6 u. 8 S. 337 u. 342) 120 rm für das Besteck und 70 rm für die Deckung zusammen 190 rm f. d. ha, und die Kosten beziffern sich für das Besteck auf 290 bis 320 M., für die Deckung auf 174 bis 185 M. zusammen auf 464 bis 505 M. f. d. ha. D. Herausgeber.

der westliche Teil der Nehrung und die Düne zu 2 gehören zum Königlichen Forstrevier Steegen, und die Halbinsel Hela, umfassend die Schutzbezirke Hela und Heisternest, zum Forstrevier Darslub. Der III. Dünenbezirk ist dem Oberförster in Steegen nebenamtlich unterstellt.

Die Kulturen werden auf der Nehrung und im Revier Steegen meist im Verband von 1,2 und 0,6 m, 2 Pflanzen pro Platz ausgeführt; der engere Verband von 1 und 0,5 m ist neuerdings aufgegeben; es kommen somit ungefähr 3 Pflanzen auf einen Quadratmeter zu stehen; zur Düngung wird, wie schon im § 25 erwähnt, der aus dem Haff gewonnene Schlick verwendet und zwar 25 bis 30 cbm pro ha, d. h. $1^1/_2$ bis 2 Liter für jeden Pflanzplatz. Die Pflanzen werden ohne vorherige tiefgehende Bodenlockerung im Spalt gepflanzt, und der Spalt nach dem Hineinhängen der beiden Pflanzen mit dem Schlickboden gefüllt, wobei ein Teil dieses Düngers oben auf zu liegen kommt. Die älteren etwa 10 bis 15jährigen Kulturen weisen den Verband von 1 m im Quadrat auf; mit demselben Verband ist kürzlich im Schutzbezirk Neufähr ein Versuch gemacht, 2 einjährige oder 1 zweijährige Kiefer pro Platz; er bezweckt scheinbar festzustellen, ob durch die Ersparung an Dungstoff und Pflanzenmaterial der schnellere Schluss und das Gedeihen der Pflanzung beeinträchtigt werden wird. Zur Zeit ist dies nicht der Fall. Von den Nadelhölzern kommt gegenwärtig nur die gemeine Kiefer und die Schwarzkiefer, 1jährig und 2jährig verschult derartig zur Verwendung, dass beide Holzarten neben einander auf denselben Platz gebracht, d. h. in gleicher Zahl gepflanzt werden, oder dass die Schwarzkiefer erst später bei der Nachbesserung eingesprengt wird. Aeltere Kulturen, aus den Jahren 1890/92 weisen einen reihenweisen Wechsel auf von p. silv. und p. rigida (bei Neukrug und im Schutzbezirk Pasewark) oder von diesen beiden Kiefern und der p. austr. (unterhalb des Kamelrückens bei Kahlberg). Bei der letzteren Pflanzung hat flächenweise eine Abstufung in dem eingebrachten Dünger stattgefunden von 49 bis zu 14 cbm für einen halben ha. Die starke Düngung begünstigt unzweifelhaft das Gedeihen der Kultur mehr als die schwache; doch macht sich die Abstufung von je 7 cbm im einzelnen wenig bemerkbar. Von den drei Holzarten tritt die Schwarzkiefer erheblich in den Vordergrund, die Pechkiefer versagt fast ganz, dazwischen steht die gemeine Kiefer.

Auf der Halbinsel Hela werden fast ausschliesslich p. silv. im einjährigen Alter auf 40 cm tief riolten 30 × 30 cm grossen ungedüngten Plätzen gepflanzt, 2 Pflanzen pro Platz; erfolgt eine Düngung mit Lehm (25 cbm pro ha oder 4 Liter pro Platz, 7 bis 8 Mark pro cbm)

so wird der Verband auf 1,3 m im Quadrat erweitert und der Lehm nach dem Riolen untergegraben. Schwarz-, Pech- und Weymouthskiefer werden vereinzelt eingesprengt. Die Einsenkungen bei Hela werden durch Schwarz- und Weisserlen und durch Birkenloden in engem Verbande mit gutem Erfolg aufgeforstet. Das erforderliche Pflanzenmaterial wird zum grössten Teil innerhalb des Dünenbezirkes oder der Reviere Steegen und Darslub erzogen, die Kämpe mit Schlick oder Lehm gedüngt; an Samen werden pro Ar ausgesäet, von p. silv. 0,6 kg, von p. austr. und p. montana (im Jahre 1898 zum erstenmal), pic. exc. und pic. alba je 1 kg; die Kiefern werden in 25 und 10 cm Abstand verschult und gelangen im nächsten Jahr zur Verwendung.

§ 29.

Kulturverfahren in Pommern. Der im Regierungsbezirk Köslin gelegene Dünenbezirk Stolpmünde mit etwa 3000 ha Grösse (ausschl. der Vordünen) hat eine Längenausdehnung von rund 127 km und wird mehrmals von in fremdem Eigentum stehendem Dünengelände unterbrochen; von Bedeutung ist hierbei nur die Feldmark der Stadt Leba und ein umfangreicher Bestandteil des Hausfideikommissreviers Schmolsin, letzterer dadurch in die Augen fallend, dass in letzter Zeit für die Festlegung und Bindung der hohen, steilen und flüchtigen Dünenberge wenig oder garnichts geschehen ist.

Abweichend von den Dünen in Ost- und Westpreussen fehlen im Dünenbezirk Stolpmünde langgezogene Dünenketten; die kegelförmigen Berge, zum Teil doppelt so lang als breit, herrschen vor; die Formen sind weniger schroff, die Böschungen flacher. Die meisten dieser imponierenden Berge, z. B. der Gendarmenberg, der Stielow-Bakenberg, Sand- und Franzosenberg, die Eulenberge, Scholpiner Leuchtturmdüne, Koppeldüne, die Kullerberge, sind bereits festgelegt, teilweise auch aufgeforstet. Flüchtig sind noch im Stielower Revier die Dachsberge, die grossen Wollsäcke und im Lebaer Revier der Stettiner Berg. Zwischen den einzelnen Bergen, sowohl see- wie landwärts, ziehen sich Einsenkungen, Niederungen, schmale Schlängen mit frischem bis feuchtem, selbst nassem Boden hin, welche mit Heidekraut und Krähenbeere mehr oder weniger dicht überzogen sind.

Die nassen Niederungen, welche stellenweise erhebliche Ausdehnung annehmen, weisen einen sehr kümmerlichen Pflanzenwuchs auf, der auf einen undurchlassenden Untergrund (Ortstein?) deutet. Die Aufforstungen sind hauptsächlich mit p. silv. und austriaca ausgeführt, in den feuchten Niederungen auch mit Rot- und Weisserlen und Birken; vereinzelt sind p. mont. und rigida eingesprengt. Die Pflanzungen, sowohl beim Nadel- wie beim Laubholz, erfolgen durch-

weg im Verbande von 1,3 m im Geviert. Die Kiefern werden in Kämpen verschult und zweijährig als Ballen oder mit entblösster Wurzel verwendet; von Ballen eine, sonst zwei Pflanzen pro Platz. Zum Pflanzen der Ballen dient das alte, fast vergessene Werkzeug, der Hohlspaten oder Hohlkeilspaten, der vom Dünenbauinspektor Krause in seinem Dünenbau auf Seite 164 und 165 beschrieben wird und hier bereits im § 3 erwähnt ist (vergl. auch IV. Abschn., § 16). Es ist dies ein Spaten, der statt eines Blattes deren drei hat, die, in spitzem Winkel zusammengefügt, nach unten hin sich verjüngen. Sie umschliessen einen Raum, der einer abgestumpften, dreiseitigen Pyramide annähernd gleicht. Das eine Blatt besteht aus einem losen Schieber, der in Nuten sich bewegt. Nachdem der Spaten ohne diesen Schieber in den Boden hineingetrieben ist, wird letzterer eingeschoben, trennt den Erdballen an der dritten Seite ab und hält ihn auf dem Transport bis zur Pflanzstelle fest. In das Pflanzloch wird der Spaten mit dem Ballen hineingesetzt, rings mit Erde eingefüttert und nach Entfernung des Schiebers vorsichtig herausgezogen.

Es ist nicht zu leugnen, dass diese alte Pflanzmethode grosse Vorzüge hat und günstige Erfolge liefert, und thatsächlich zeichnen sich die Ballenpflanzen im Wachstum vor den übrigen Pflanzungen aus. Dennoch aber ist sie kostspielig und zeitraubend und im grossen Kulturbetriebe kaum anwendbar; höchstens empfiehlt sie sich für Nachbesserungen oder für Kuppen oder exponierte Flächen von geringem Umfange.

Die ballenlosen Kiefern werden in einem offenen kleinen Grabeloch zu zwei an eine gerade und glatte Seitenwand angelegt und unter Verwendung von Moorerde mit der Hand vorsichtig eingefüttert.

Neben der Pflanzung kommt auch die Nadelholzsaat zur Ausführung, jedoch nur in den ebenen Einsenkungen mit frischem, heidekrautwüchsigem Boden, teils in Hackstreifen, teils in 40 cm tief riolten Streifen, mit 1,3 m Abstand, 6 kg Samen für den Hektar. Auch ist auf umgedrehten Heidekrautplaggen gesäet worden, um die jungen Kiefern dem Grundwasser mehr zu entrücken. Wenngleich derartige Versuche einen leidlichen Erfolg zu verzeichnen haben, hat man doch neuerdings wegen des kümmerlichen Aussehens der Pflanzen davon Abstand genommen.

Zum Festlegen einzelner flüchtiger Stellen innerhalb der Kulturflächen ist aus Mangel an Reisig abgemähtes oder abgehacktes Heidekraut reihenweise eingegraben worden, welches nebenbei den Pflanzen Schutz gegen die Seewinde gewähren soll. Der Zweck ist nicht überall erreicht, da das Heidekraut wegen seiner gekrümmten und

buschigen Ausformung in dem Sandboden nicht genügend befestigt werden kann und vom Winde niedergedrückt und zerzaust wird.

Das Pflanzmaterial wird innerhalb des Dünenbezirks in mit Moorerde gedüngten Saat- und Schulkämpen erzogen. Einjährige Kiefern werden behufs Erziehung von zweijährigen Ballen in 15 cm Quadratverband, sonst in 10 cm Quadratverband verschult. Die Balken zwischen den Saatrillen bedeckt man zur Erhaltung der Feuchtigkeit und zur Verhinderung des Unkrautwuchses mit Moos oder Renntierflechte.

Die Kulturkosten, ausschliesslich Pflanzenerziehung, berechnen sich nach den Angaben des Dünenmeisters Schwarz für den Hektar wie folgt:

1. Pflanzung zweijähriger Kiefern-Ballen mit dem Hohlspaten in 1,3 m Verband ohne Düngung, rund 60 Hundert Ballen zu 1,50 M. . . . . 90,— M.
2. Pflanzung zweijähriger verschulter Kiefern mit entblösster Wurzel im selben Verband, zwei Pflanzen pro Platz, auf mit Moorerde gedüngten Plätzen, rund 60 Hundert Pflanzplätze zu 1,— M. . . . . 60,— M.
   Dazu Anlieferung von 25 cbm Moorerde (4 l für einen Platz) und Verteilen auf der Kulturfläche in Haufen von 40 cbm zu 2,70 M. . . . . 67,50 M.
   zusammen 127,50 M.
3. Anlieferung und Werbung von 50 cbm Heidekraut für das Hektar und reihenweises Einstecken auf flüchtigen Stellen zu 1,— M. . . . . 50,— M.

Im Regierungsbezirk Stralsund finden wir fiskalische Dünen nur in geringem Umfange und zwar in Zingst und Prerow auf dem Darss und innerhalb des Forstreviers Werder auf der Insel Rügen. Die Erhebungen der Dünen über dem umgebenden Gelände sind unerheblich, daher die Aufforstung wenig kostspielig und schwierig.

Das Dünengelände auf dem Darss ist der Wasserbauverwaltung unterstellt; es werden zunächst nur die ebenen, meist noch frischen oder feuchten Bodenpartien mit gutem Erfolg aufgeforstet und zwar mit ein- oder zweijährigen Kiefern und zweijährigen Erlen auf Riolplätzen von 60 × 40 cm Grösse und 30—35 cm Tiefe; Verband 1 und 1,2 m; pro Platz 6 Kiefern oder 4 Erlen. Die Kiefernpflanzen werden mit dem Keilspaten geklemmt und von Handlungen in Halstenbek angekauft.

Die Schaabe, zum Schutzbezirk Gelm der Oberförsterei Werder gehörig, enthält einen ca. 300 m breiten Streifen 5—10 m hoher

Dünen, die sich an die Vordüne anschliessen und landeinwärts bis an einen 20—30jährigen schlechtwüchsigen Kiefernbestand heranreichen. Hier wird nur die p. silv. in einjährigem Alter auf Riolplätzen von denselben Abmessungen wie auf dem Darss, sechs Pflanzen auf den Platz, gepflanzt. Die Nachbesserung erfolgt im nächsten Jahre auf denselben Plätzen mittelst des Wartenbergschen Stieleisens, im zweiten und dritten Jahre auf neuen Riolplätzen; später wird mit drei- bis vierjährigen Kiefernballen nachgebessert, die aus einer Rillensaat entnommen werden und je 2—5 Pflanzen enthalten. Die Kulturkosten betragen ausschliesslich der Pflanzenerziehung 110 bis 120 M. für den Hektar. Das Pflanzmaterial wird im Revier selbst erzogen.

§ 30.

Kulturverfahren auf den Nordseedünen. Die auf den ost- und nordfriesischen Inseln ausgeführten Kulturen stellen mehr oder weniger schüchterne Aufforstungsversuche dar, um Anhalte für die Möglichkeit der Dünenbewaldung zu gewinnen. Dementsprechend findet nirgends ein einheitliches Verfahren statt; es ist ein Suchen, ein Tappen im Dunkeln. Fünf Inseln können sich derartiger Versuche rühmen: Norderney, Spiekeroog, Amrum, Föhr und Sylt, wobei die älteren, zum Nutzen der Badegäste begründeten Haine und schattigen Promenaden unberücksichtigt gelassen werden.

Norderney. Pflanzung von p. silv., austr., marit. und montana auf leicht gelockerten Plätzen in 1 m Quadratverband, eine Pflanze auf den Platz; die Pflanzen werden in tief riolten Kämpen in einjährigem Alter verschult und zweijährig, höchstens dreijährig mit entblösster Wurzel verwendet. Die Holzarten wechseln reihenweise; neuerdings nur Schwarz- und Bergkiefer verwendet.

Spiekeroog. Es sind nur feuchte bis frische Einsenkungen in Angriff genommen, trockene Höhen ausgeschlossen. Je nach der Bodenfeuchtigkeit hat man gepflanzt: Schwarzerlen unter Beimischung von Weisserlen, Birken, Ebereschen und Schwarzpappeln (Stecklinge), Verband 1 m im Quadrat, und ferner Schwarzerlen, Birken und Weymouthskiefern oder Bergkiefern im Verband von 0,75 und 1 m, eine Pflanze für jeden Platz.

Amrum. Mehrere Versuche auf kleineren Flächen wurden in nachstehender Reihenfolge ausgeführt:

a) zweijährige Bergkiefern auf 40 cm im Geviert grossen und 40 cm tief riolten Plätzen, Verband 1,2 m Quadrat, 2 Pflanzen auf den Platz (bester Erfolg);
b) eine Reihe Bergkiefern wechselt mit drei Reihen (fast sämtlich eingegangenen) Rotfichten; Verband und Bodenbearbeitung wie

zu a, Kiefern zweijährig, Fichten dreijährige Büschel oder Schulpflanzen;

c) Bergkiefer und nordische Kiefer (aus Norwegen bezogener Samen der p. silv.) reihenweise wechselnd, Fichten nachbessernd eingesprengt, sonst wie zu b;

d) Berg- und nordische Kiefer reihenweise, jedoch in 2,4 m Abstand wechselnd; Entfernung der Pflanzplätze in den Reihen 1,2 m. Dem Vernehmen nach wird später eine andere Holzart eingebracht werden, um denselben Verband wie zu a zu erhalten.

Die von dem Pflanzplatz abgeschürfte Palte wird durchgeteilt und umgekehrt, die Narbe nach unten, beiderseits neben die Pflanzen derartig gelegt, dass in der Mitte nur ein schmaler Zwischenraum verbleibt. Hierdurch sollen Beschädigungen durch die Kaninchen verhütet werden, welche sich mit besonderer Vorliebe in die lockeren Pflanzplätze eingraben. Das Pflanzmaterial wird aus Königlichen Forsten bezogen. Kulturkosten ungefähr 100 Mark für den Hektar, dazu für Nachbesserungen bis 50%.

Föhr. In der Nähe des Badeortes Wyk liegt eine Pflanzung von Berg-, Schwarz- und gemeinen Kiefern, von Erle, Eiche, Pappel, Weide etc. auf einer Fläche von etwa fünf Hektar. Die Pflanzen stehen in Grüppen (Gräbchen) von 50 cm Breite und Tiefe, die ungefähr 1,5 m von einander entfernt sind. Abstand der Pflanzen in den Grüppen 1 m.

Sylt. Mehrfache Versuche, die von dem Düneninspektor Hübbe in Keitum in seiner Abhandlung, der Dünenbau auf den Schleswigschen Westseeinseln, S. 403 bis 408 beschrieben sind, werden hier kurz zusammengestellt:

a) p. maritima, in eigenen Kämpen erzogen, werden einjährig, selten zweijährig in 0,75 m Quadratverband, zu je einer Pflanze ohne jede vorherige Bodenlockerung mit dem Keilspaten gepflanzt; der zum Teil noch flüchtige Boden wird mit Büscheln von abgeschnittenem, totem Halm (Sandgras) gleichmässig geschützt. Keine Düngung der Pflanzen;

b) p. austr. und mont., einjährig, von Königlichen Oberförstereien bezogen, gelangen in 1 m Quadratverband, reihenweise wechselnd, vermittelst der Klemmpflanzung zur Verwendung; ebenfalls keine Bodenlockerung und je eine Pflanze. Vor die jungen Kiefern wird zum Schutz gegen die Nordostwinde in 14 bis 16 cm Abstand ein kleines Bündel Stroh fächerförmig auseinandergezogen, in den Boden eingesteckt. Der von Hübbe auf S. 406 angekündigte engere Verband von 0,5 und 1 m ist nirgends angewendet worden;

c) p. montana, austr. und silvestris, teils reihenweise, teils in kleinen Horsten wechselnd, Pflanzung und Verband wie zu b;
d) auf feucht gelegenen, benarbten Einsenkungen Pflanzung dreijähriger Schwarz- und Weisserlen in einem Spatenstich tiefen und doppelt so breiten Grüppen in 0,80 m Quadrat-Verband unter teilweiser geringer Beigabe einer geringen Menge Düngers (Füllerde); der Weisserle werden die höheren Stellen zugewiesen.
e) Pflanzung derselben Holzarten auf unbenarbter sandiger Niederung ohne Grüppen. Ankauf dreijähriger Erlen einschliesslich Transportkosten 25 M., Kulturkosten 12 bis 15 M. für Tausend Pflanzen. Bemerkt wird ausdrücklich, dass nach der wörtlichen Auslassung des Hübbe eine vorgängige Spatenbearbeitung der mit Dünenhalm bewachsenen Stellen, an welchen die keilförmigen Löcher eingestossen wurden, nicht stattfand.

Der Aufforstungsversuch des Heidekulturvereins der Provinz Schleswig-Holstein ist bereits in § 8 erwähnt. Die Grüppen in der Sohle 0,5 m breit und ca. 20 cm tief wechseln mit Rabatten oder Balken von 1 m Kronenbreite. Abstand von Mitte zu Mitte 2,5 m; Pflanzweite 1 m, daher Verband 2,5 und 1 m. Zwischen acht Balken liegen zwei 4 m breite Balken, welche durch einen 80 cm breiten und tiefen Graben getrennt werden. Da für diesen Versuch nicht Dünenterrain, sondern kräftiger, mit Heidekraut überzogener Grandboden, der auf einer Unterlage von Lehm ruht, gewählt worden ist, interessiert die ganze Anlage hier wenig oder garnicht und wird nur angeführt, um später gelegentlich und hinsichtlich des Erfolges kontroliert werden zu können.

Die Aufforstungen der Meeresdünen in der Nähe des Seebades St. Peter gehen in ihrer allgemeinen Bedeutung weit über die Versuche auf den Inseln hinaus. Sie sind systematisch, mit Verständnis und mit gutem Erfolg ausgeführt, wie am Schluss des § 8 dargestellt, und berechtigen zu den besten Erwartungen. Es werden Berg- und Schwarzkiefern, in geringerem Umfange auch die p. silv. auf den trockneren Erhebungen und Kuppen gepflanzt in ein- oder zweijährigem Alter im Verbande von 1 m im Geviert auf 60 bis 80 cm tief riolten Plätzen von 40×40 cm Grösse, zwei Pflanzen auf den Platz. Alle Holzarten sind flächenweise gesondert. Die Erstlingskulturen sind in einem Verbande von nur 1 und 2 m angelegt. In der richtigen Erkenntnis, dass dieser Verband nicht genügt, um einen schnellen Schluss herbeizuführen, werden neue Pflanzenreihen eingeschoben und damit der gleiche Verband wie oben erzielt. Leider wird jeder Riolplatz aus Sparsamkeitsrücksichten nur mit einer Pflanze besetzt. Neuerdings baut man, allerdings in ganz geringer Menge und eingesprengt,

die Meerstrandskiefer, die Pechkiefer, Weymouthskiefer, Lärche, selbst die Weisstanne und Eiche an. Die feuchten Niederungen sind, soweit als zur Beseitigung stagnierenden Wassers erforderlich, mit Sammel- und Abzugsgräben durchzogen und mit Erlen, Birken und Weiden in engem Verbande aufgeforstet. Die Pflanzen werden geliefert aus den Beständen der Provinzialverwaltung, 30000 Stück zum Preise von 125 M. Die Kulturkosten kommen auf etwa 400 M. für den Hektar zu stehen. Die Dünenberge und Kuppen sind befestigt, gut benarbt und gepflegt; die frischeren Dünenpartien sind mit Heidekraut (vulg. und tetralix) und mit der Krähenbeere dicht bezogen; stellenweise, namentlich an den geschützten Hängen, steigt das Heidekraut auch höher hinauf und schützt gegen die starke Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit.

§ 31.

Aussichten für die Bewaldung der Nordseedünen. Die vorstehenden Ausführungen legen die Frage nahe, ob es möglich sein wird, die Meeresdünen an der Nordsee, sowohl diejenigen auf den friesischen Inseln wie auch längs des Festlandes, aufzuforsten? Der Verfasser glaubt nach reiflicher Abwägung aller dafür oder dagegen sprechenden Faktoren diese Frage in bejahendem Sinne beantworten zu dürfen. Wenn er auch die örtlichen Verhältnisse, die klimatischen sowohl wie die geologischen, nur flüchtig kennen gelernt hat, so scheinen diese doch nach seiner Ueberzeugung nur unerhebliche Verschiedenheiten gegen diejenigen an der Ostsee darzubieten, so dass wie hier, so auch dort die Aufforstung gelingen muss, wenn in richtiger Weise und in grösserem Umfange damit vorgegangen wird.

Vergleichen wir zunächst die im § 30 beschriebenen Versuche mit den in den §§ 9 bis 18 gegebenen allgemeinen Regeln hinsichtlich der Auswahl der Holzarten, des Zeitpunktes für den Beginn der Aufforstung und hinsichtlich des Kulturverfahrens, so wird zugestanden werden müssen, dass grosse Abweichungen vorliegen, dass die seitherigen geringen Erfolge oder gar Misserfolge nicht allein in der Ungunst der örtlichen Verhältnisse zu suchen sind. Wir finden, dass auf Amrum, wo unter der Oberaufsicht des Oberforstbeamten zu Schleswig Pflanzungen von der Bergkiefer auf Riolplätzen ohne Beimischung anderer Holzarten ausgeführt sind, eine vielversprechende Schonung im Werden begriffen ist. Wir sehen, dass bei St. Peter bereits freudig emporstrebende, unten sich räumende Bestände auf Meeresdünen stocken, welche zur Begründung eines Seebades unter Festlegung erheblicher Kapitalien die Veranlassung gegeben haben. Auch auf der Insel Spiekeroog bieten die Erlenkulturen und Schonungen ein erfreuliches Bild, das zur Nacheiferung anspornt. In allen diesen Fällen

dürfte es aber keinem Zweifel unterliegen, dass die Kulturen Abweichungen gegen die vorgedachten Vorschriften aufweisen, welche den vollen Erfolg beeinträchtigen: — nicht genügende Pflanzenzahl, unzureichende Nachbesserung, Beimischung ungeeigneter Holzarten etc. Zugestanden kann und muss werden, dass die lokalen Verhältnisse an der Nordsee in verschiedener Hinsicht ungünstiger sind als an der Ostsee; die Winde sind stärker und ständiger, ihr schädigender Einfluss auf Nadeln und Laub, auf Zweige, Aeste und Stämme der Waldbäume intensiver. Die Herstellung und Unterhaltung der unumgänglich notwendigen Vordünen stösst auf grössere Schwierigkeiten; auch die Beschaffenheit des Bodens ist weniger günstig. Der Dünensand ist meist feinkörnig — wenigstens auf den Inseln — die Dünen nehmen an der Oberfläche schneller eine grosse Festigkeit und Dichtigkeit an und schliessen sich gegen die atmosphärischen Einflüsse völlig ab; endlich ist der Boden weniger porös, weniger durchlassend. In den kesselartigen Einsenkungen steht, nach Mitteilung der ortskundigen Beamten, im Frühjahr nach der Schneeschmelze und selbst im Sommer bei starken oder anhaltenden Regengüssen das Wasser tage- und wochenlang bis zu 1 m Höhe und muss langsam verdunsten, da es nach unten hin nicht abziehen kann.

Diesen Nachteilen stehen erhebliche Vorteile gegenüber: grössere Feuchtigkeit der Luft, die sich durch die üppigere Bodenflora bemerkbar macht, Heidekraut (beide Arten), Krähenbeere, Thymian, Beifuss, andere Kräuter und vielfache Gräser überziehen völlig geschlossen die Dünen und steigen selbst bis zu den hohen Kuppen hinauf. Das Klima ist im allgemeinen milder und gleichmässiger; so schroffe Temperaturwechsel wie an der Ostsee treten dort selten oder gar nicht in die Erscheinung. Einen grossen Vorteil gewährt das Vorhandensein von Dungstoffen; auf den Inseln bietet der Schlick des Wattenmeeres die Gelegenheit, fruchtbaren Dünger in unbeschränkter Menge mit unerheblichen Kosten werben und für die Freikulturen und für die Kämpe in reichlichem Masse verwenden zu können; auch diluvialer Lehm ist überall in der Nähe des Dünengeländes vorhanden.

Wägt man Nachteile und Vorteile gegeneinander ab, so werden die ersteren auf der Schale keinesfalls so tief sinken, dass jede Hoffnung auf Erfolg ausgeschlossen ist, jede weitere Aufforstung unterbleiben muss.

Der Düneninspektor Hübbe in Keitum auf Sylt, der eine mehr als 30jährige angestrengte Thätigkeit und reiche Erfahrung hinter sich hat, und zu dessen Dienstbezirk die drei Inseln Amrum, Sylt und Röm gehören, spricht sich im Jahre 1876 in seiner mehrfach erwähnten

Abhandlung, der Dünenbau pp., sehr hoffnungsfreudig aus; er sagt hinsichtlich der Festlegung und Aufforstung der Wanderdüne in der Gemeinde Kampen auf Sylt wörtlich:

„Es wurde deshalb unter Aufwendung etwas grösserer Kosten die primäre Befestigung in so engem Verbande ausgeführt, dass die Möglichkeit gegeben war, nach Ablauf einiger den erforderlichen Versuchen gewidmeten Jahre mit Aufforstung des Terrains vorgehen zu können; denn das hier herrschende Vorurteil, die Dünen der Westseeinseln seien der Holzkultur absolut verschlossen, musste bekämpft werden, vielleicht erst zum Segen späterer, unbefangener dastehender Generationen.“

Wenn auch im Jahre 1898, durch die geringen Erfolge mutlos gemacht, der Düneninspektor Hübbe dem Verfasser erklärt hat, nach seinen Erfahrungen verlohne es sich nicht, wenigstens nicht auf Sylt, Geld, Arbeit und Zeit auf die Aufforstung der Dünen zu verwenden, er sähe sich in seinen Erwartungen getäuscht, denn die Boden- und klimatischen Verhältnisse ständen hindernd entgegen, — so kann diesem einseitigen Urteil nicht ohne weiteres zugestimmt werden; denn gerade auf Sylt sind bei dem Kulturverfahren, wenn auch unbewusst, Fehler gemacht, die, wie schon früher angedeutet, das Misslingen zur Folge haben mussten. Dass der Bewaldung die klimatischen Verhältnisse nicht entgegenstehen, beweisen die beiden Gehölze neben der Westerland-Munckmarscher Eisenbahn, von denen das eine den Namen Viktoriahain führt. Sie sind etwa 65 bis 70 Jahre alt; wenn sie auch gerade keinen bestechenden Eindruck machen, so muss berücksichtigt werden, dass sie einen geringen Umfang haben, fast völlig freiliegen und aus einem Gemisch von Holzarten bestehen, welche mit alleiniger Ausnahme der Schwarzkiefer dort nicht hingehörten. In dem Führer für die Insel Sylt, betitelt: Beschreibung der Nordseebäder Westerland und Wenningstedt von 1898 ist der einstigen Wälder besonders Erwähnung gethan, es heisst auf Seite 6 wörtlich: „Von den früheren Waldungen Sylts, welche durch die Sturmfluten und die Dünenwanderungen vernichtet sind, und von welchen Versteinerungen sowie der am Ost- und Westrande sich häufig vorfindende Tuul (Torf) Zeugnis geben, sind keine Bestände mehr vorhanden.“ Sollten Menschenhände dasjenige nicht wieder hervorbringen können, was in weit zurückliegender Zeit die Natur ohne Zuthun des Menschen geschaffen hat? Unzweifelhaft! Wie der Viktoriahain auf Sylt, so widerlegt auch der Friederikenhain auf Spiekeroog die Behauptung von der Unüberwindbarkeit der klimatischen Einflüsse; Gründlichkeit, Sorgfältigkeit und ein fester Wille überwinden diese Schwierigkeiten. Burckhardt, der Begründer des Friederikenhains, hat den Boden vor der Pflanzung

bis auf 1 m Tiefe riolt und stark mit Schlick gedüngt; diese mühevolle und kostspielige Arbeit hat Früchte getragen; der Erfolg wäre grösser und überzeugender gewesen, wenn statt des Gemisches der verschiedensten Holzarten Berg- und Schwarzkiefer, höchstens noch unsere gemeine Kiefer verwendet wären. Der Zweck der Bestandsanlage, einen Anziehungspunkt und einen Erholungsort für die Bade- und Sommergäste zu schaffen, war für die Holzarten bestimmend. Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass auf allen Nordseeinseln innerhalb der Dörfer und der Gehöfte, gegen die Nord- und Nordwestwinde geschützt, sich vielfach üppiger Baumwuchs vorfindet, bestehend aus Eschen, Linden, Rüstern, Weiden und Kernobstbäumen, die von den klimatischen Unbilden unberührt sind! Der Widerstand gegen derartige Pflanzungen, welcher auf überlieferte Anschauungen und falsche Voraussetzungen sich stützte, musste erst von aussen her, durch den Einfluss Fremder, überwunden werden.

Deshalb wollen wir den Mut nicht sinken lassen und an der Ueberzeugung festhalten, dass die Bewaldung der Nordseedünen im Bereich des Menschenmöglichen liegt, wenn auch zunächst nur Bergkiefern- oder Schwarzerlenbestände, vereinzelt unterbrochen durch unsere heimische Kiefer und Birke, geschaffen werden. Das Bessere ist der Feind des Guten! Wir müssen uns mit jenen beiden Holzarten abfinden lassen, weil sie allein Gutes zu schaffen vermögen. Das Bessere muss späteren Generationen vorbehalten bleiben. Zwar werden jene Arbeiten grosse Opfer an Geld und Mühe erfordern, doch dürfen diese Opfer bei den grossen Vorteilen, die dem Gemeinwohl zu gute kommen sollen, keiner Berücksichtigung unterzogen werden. Möge das 20. Jahrhundert gut machen, was das scheidende Jahrhundert versäumt hat.*)

F. Schädlinge.

§ 32.

Beschädigungen durch Insekten und Wild. Je dürftiger der Boden, je schwieriger die lokalen Verhältnisse, desto zahlreicher, desto

*) Den vorstehenden Ausführungen des Herrn Verf. haben wir gern Raum gegeben, weil sie vermutlich anregend wirken werden. Wir nehmen an, dass er einen Vorwurf auszusprechen nicht beabsichtigt hat. Jeder Aufforstung muss die Festlegung des Strandes und der Vordünen vorangehen. Angesichts der grossen Erfolge, welche man in dieser Hinsicht besonders seit den sechziger Jahren, seitdem Schleswig von Preussen übernommen wurde, an den nord- und ostfriesischen Inseln, ihren Dünen und ihren Küsten erreicht hat, und deren Schilderung der Leser im IV. und VII. Abschn. findet, kann von einem Versäumnis des scheidenden Jahrhunderts an den Nordseedünen nicht gesprochen werden.

D. Herausgeber.

nachhaltiger sind die Beschädigungen, die den jungen Kulturen durch Insekten und Wild zugefügt werden. Es kommt noch hinzu, dass bei dem langsamen Wachstum auf den Dünen die Pflanzungen sich verschiedene Jahre länger in den Kinderschuhen befinden, länger den Angriffen der Schädlinge ausgesetzt sind und wegen ihrer geringeren Widerstandsfähigkeit die Angriffe langsamer, schwerer überwinden, als im Binnenlande, selbst bei annähernd gleicher Bodenbeschaffenheit. In Nachstehendem werden nur diejenigen Insekten genannt werden, die irgendwo auf den Meeresdünen merklichen Schaden angerichtet haben; die Lebensweise derselben wird dabei als bekannt vorausgesetzt und daher nicht geschildert werden, sie müsste denn ganz besondere Abweichungen gezeigt haben.

§ 33.

Käfer. 1. Der zu den Melolonthiden gehörige grosse Walker, polyphylla fullo L. (Abb. 335). Die Larve richtet an den Kiefernkulturen grossen Schaden an, der erst aufhört, nachdem der Boden sich benarbt, sich mit Gräsern oder Kräutern überzogen oder durch den Schluss der Pflanzen sich der Einwirkung der Sonne und des Lichtes entzogen hat. Die südlichen und westlichen Hänge haben am längsten und meisten zu leiden. Ein Frass an den Wurzeln von



Abb. 335. Der Walker (polyphylla fullo). Männchen fliegend, Weibchen sitzend. (Nach Ritzema Bos.)

Kiefern, die eine Höhe von mehr als 0,5 m erreicht haben, ist selten beobachtet worden, ebensowenig an den Wurzeln der zum Befestigen der flüchtigen Dünen gepflanzten Sandgräser (arundo oder elymus

arenarius). Man vertilgt den Käfer bei Tage durch Absammeln von den jungen Pflanzen, auf denen er ruhig und fest zu sitzen pflegt, oder gegen Abend, während er schwärmt, durch Fangen mit Handnetzen, wie sie die Schmetterlingssammler gebrauchen. Der Käfer fliegt schwerfällig und nicht hoch, so dass sein Einfangen durch einigermassen geübte und behende Mädchen mit Leichtigkeit bewirkt werden kann. Im Dünenaufseherbezirk Nidden auf der kurischen Nehrung wird diese Vertilgungsmassregel seit Jahren mit gutem Erfolg angewendet. Die Arbeit wird in Akkord nach der Zahl der abgelieferten Käfer bezahlt. Im Jahre 1899 sind dort auf diese Weise

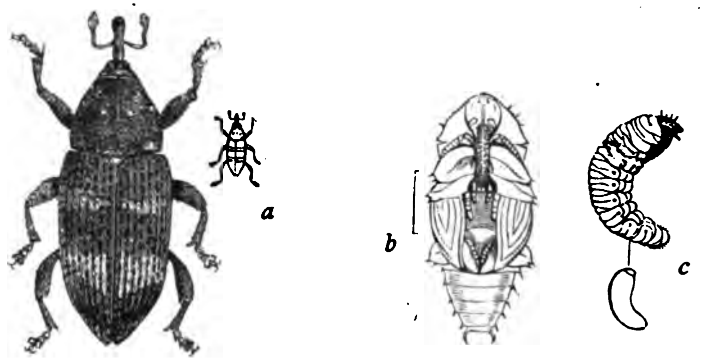


Abb. 336. Der kleine braune oder scheckige Kiefernrüsselkäfer (pissodes notatus). a Käfer vergrössert und in natürlicher Grösse; b Puppe vergrössert; c Larve vergrössert und in natürlicher Grösse. (Nach Ritzema Bos.)

rund 16 000 Käfer gefangen worden. Auch die Nebelkrähe beteiligt sich in erheblicher Weise an der Vertilgung des Käfers; sie scheint ziemlich genau den Zeitpunkt zu kennen, wann derselbe dem Ausschlüpfen nahe ist und sich unmittelbar unter der Oberfläche befindet. Man sieht diese Vögel auf den hohen Kuppen der meist kahlen Dünen in grosser Zahl stehen, eifrig mit dem Schnabel im Sande arbeitend; bei näherer Besichtigung findet man neben einem kleinen bis 5 cm tiefen Loch die Flügeldecken des Käfers; alles Uebrige wird gefressen. — Das Ausheben der Larven an den angegriffenen, welken Pflanzen hat sich als zu kostspielig und zu wenig wirksam erwiesen; auch wird durch die Verwundung und Lockerung des Bodens der Gefahr des Flüchtigwerdens Vorschub geleistet.

Der gemeine und der Rosskastanien-Maikäfer, melolontha vulgaris und hippocastani, werden auf den Dünen selten gefunden und sind dort unschädlich.

2. Der kleine braune Rüsselkäfer, pissodes notatus F. (Abb. 336 u. 337), ist ein sehr gefährlicher Feind der Kiefernschonungen

und tritt häufig nach Beschädigungen durch die Schüttekrankheit oder durch schroffen Temperaturwechsel in grosser Zahl auf, meist in Gemeinschaft des später erwähnten Harzgallenwicklers. Rechtzeitiges Ausreissen und Verbrennen der befallenen Pflanzen ist das einzige wirksame Vertilgungsmittel. Einjährige Generation, Ueberwinterung als Käfer.

Der grosse braune Rüsselkäfer, hylobius abietis L., ist äusserst selten und zwar deshalb, weil meist alte Kiefernbestände in der Nähe der Dünen nicht vorhanden sind, bei deren Verjüngung ihm die Wurzeln und Stöcke für die Brut zur Verfügung stehen würden.

3. Ein anderer Rüsselkäfer, Cneorhinus geminatus F. (Abb. 338), richtet auf der frischen Nehrung und auf der Halbinsel Hela an den ein- bis dreijährigen Kiefern grossen Schaden an und bringt sie zum Absterben; wenngleich er die jüngsten Nadeln bevorzugt, greift er doch auch die vorjährigen an; er benagt selbst die Rinde der jungen Pflanzen unmittelbar über dem Boden; die älteren Kiefern hat er bisher gemieden. Meerstrandskiefern, die er bevorzugen soll, sind an den Frassstellen nicht vorhanden. Da der Käfer bei Tage unmittelbar am Boden sitzt und selbst bis zu 3 cm Tiefe in denselben sich eingräbt, auch meist gegen Abend seinen Frass beginnt, so ist ihm schwer beizukommen; das Sammeln kommt teuer zu stehen und ist wenig wirksam. Die Anlage von Fanggräben verbietet sich durch die lockere, gefahrdrohende Beschaffenheit des Sandes.



Abb. 337. Fünfjähriges Kiefernstämmchen mit Larvengängen, Puppenhöhlen oder Wiegen und Fluglöchern von pissodes notatus. (Nach Ritzema Bos.)

4. Der allbekannte Erlenblattkäfer, galleruca (chrysomela) alni L. (Abb. 339), tritt in einzelnen Jahren in so ungeheuren Mengen auf, dass von den umfangreichen alten Erlenbeständen auch nicht ein Blatt verschont bleibt; da sein Frass in jedem Jahre zweimal als Käfer und einmal als Larve stattfindet, beeinträchtigt er nicht nur den Holzzuwachs, sondern tötet auch, wenn er zwei bis drei Jahre hinter-

einander auftritt, einzelne weniger kräftige Stämme. Im Dünenbezirk Süderspitze, kurische Nehrung, hat ein derartiger anhaltender Frass 2—4 m hohe Erlenschonungen zum Absterben gebracht; jedoch haben fast alle Pflanzen nach erfolgtem Abtriebe wieder kräftig ausgeschlagen und sich in kurzer Zeit ergänzt. Die scheffelweise Vertilgung der Käfer an den jungen Schonungen durch Absammeln oder Abschütteln und Abklopfen auf untergehaltene Tücher hat eine merkliche Abnahme des Insektes nicht herbeigeführt; es tritt urplötzlich in unzählbaren Mengen auf und verschwindet ebenso schnell und unerwartet fast vollständig. Vertilgungsmassregeln sind daher nicht zu empfehlen. Einjährige Generation; Käfer überwintert am Boden unter Laub.

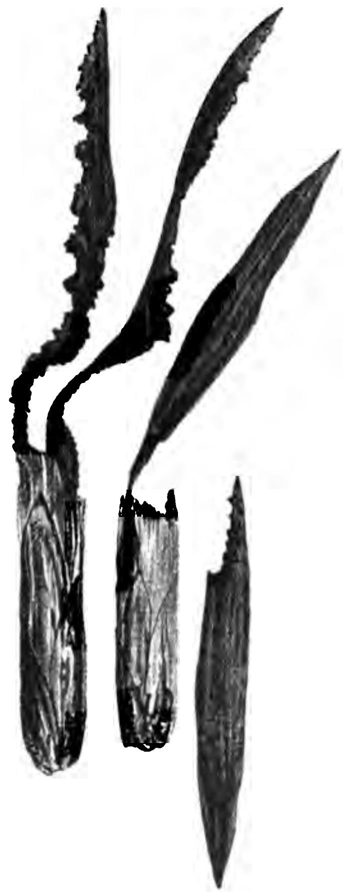


Abb. 338. Junge Kiefernnadeln vom Kugelrüsselkäfer (cneorhinus geminatus) befressen, stark vergrössert. (Nach Eckstein.)

5. Der weissbunte Erlenrüsselkäfer, cryptorhynchus lapathi (Abb. 340), macht sich im Dünenbezirk Stolpmünde, sowie auf der frischen Nehrung im Bezirk Gross-Bruch in sehr unliebsamer Weise bemerkbar; er beschränkt sich zwar auf bestimmte, isoliert gelegene Erlenverjüngungen mit Stockausschlägen oder gepflanzten Erlenloden bis zu 3 m Höhe, ist aber imstande, die befallene Kultur vollständig zu vernichten. Während die Larven anfangs platzweise unter der Rinde in der Basthaut fressen, gehen sie später mit einem geraden aufsteigenden Gange in das Holz; die Loden werden im Innern ausgehöhlt, brechen auch, wenn die Frassstelle tief nach unten sitzt, vorzeitig um. Man kann die Larve nur dadurch vernichten, dass man die kränkelnden Pflanzen oder Reiser abschneidet und verbrennt; der Käfer selbst ist unschädlich. Generation meist zwei-, selten ein- oder dreijährig; Ueberwinterung als Larve.

6. In gleicher Weise hat ein kleiner Bockkäfer, liopus nebulosus, allerdings nur in einem bekannt gewordenen Fall, eine

Erlenkultur von drei- bis achtjährigem Alter im Dünenbezirk Gr.-Bruch derartig beschädigt, dass sie durch Pflanzung erneuert werden musste.

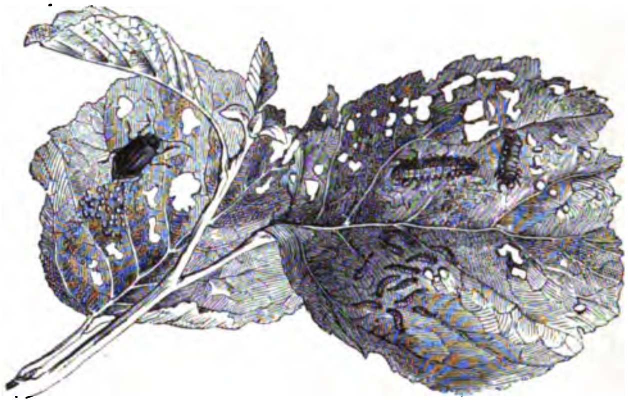


Abb. 339. Vom Erlenblattkäfer (galeruca oder agelastica alni) durchlöcherte Blätter; links ein Eier legendes Weibchen, rechts Larven verschiedenen Alters. (Nach Ritzema Bos.)



Abb. 340. Erlenlode vom Erlenrüsselkäfer (cryptorhynchus Lapathi) befallen, mit abbröckelnder Rinde. (Nach Henschel.)

Es ist nicht unmöglich, dass anderweitig der durch ihn verursachte Schaden auf das Konto des Rüsselkäfers zu 5 gesetzt wird, da man ihn im allgemeinen wenig kennt; sein Frass unterscheidet sich von demjenigen des Rüsselkäfers dadurch, dass die Larvengänge unter der Rinde liegen und nicht bis in das Innere des Holzes hineingehen. Generation einjährig.

§ 34.

Schmetterlinge. 1. Der Schwammspinner, liparis dispar L. (Abb. 341), trat vor 5—6 Jahren plötzlich im Dünenaufseherbezirk Sarkau auf der kurischen Nehrung, unmittelbar an der Grenze des Forstreviers Fritzen, in grosser Menge auf, hielt sich 2—3 Jahre lang in demselben Bezirk auf, rückte dann auf der Nehrung etappenweise ostwärts, einzelne Waldbestände ganz überspringend und ist im Jahre 1898 in der Nähe von Nidden angelangt, wo er auch gegenwärtig (1899) noch in unverminderter Zahl zu finden ist. Die Raupe ist ungemein gefrässig und in den Frassobjekten durchaus nicht wählerisch. Zunächst befällt sie die alten Erlen- und Birkenbestände, frisst sie vollständig kahl, ebenso auch alle eingesprengten Weiden, Aspen

Ebereschen, Pappeln und Fichten, steigt dann herab auf die anstossenden Kiefern- und Bergkiefernschonungen, entnadelt sie gleichfalls und füllt demnächst den unersättlichen Leib mit Gräsern und Kräutern. Das erste Frassjahr übt meist einen unerheblichen Einfluss aus; nur die kahl gefressenen Fichten gehen ein; erst das zweite Jahr tötet einzelne alte, überreife Erlen, Birken, Weiden, doch ohne Räumden

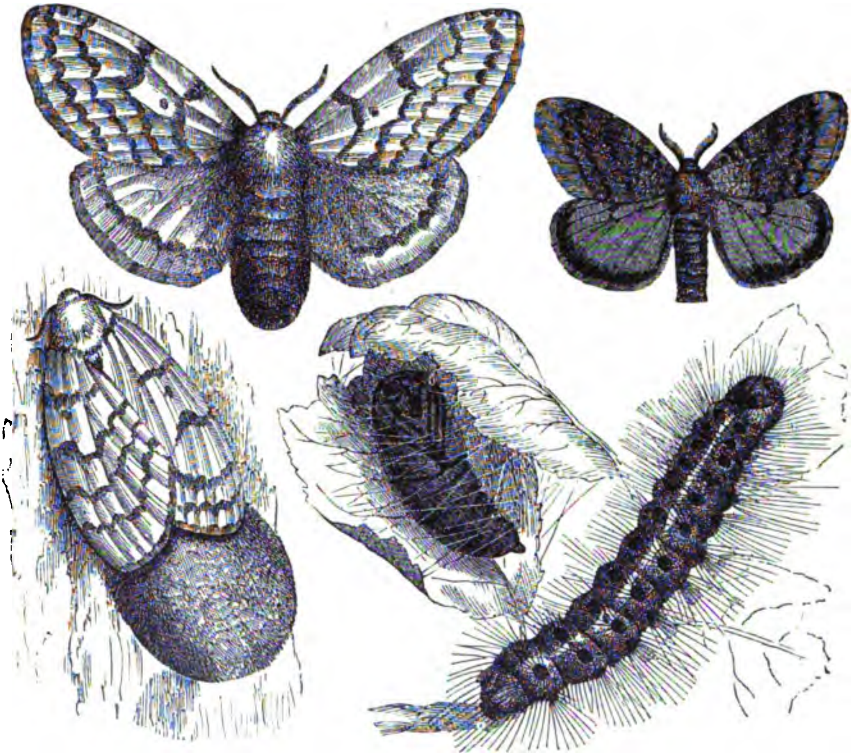


Abb. 341. Der Schwammspinner (liparis dispar.) Oben rechts das kleine Männchen, oben links das Weibchen, darunter dasselbe Eier legend; unten rechts die Puppe und Raupe. (Nach Ritzema Bos.)

zu schaffen. Die Kiefern- und Bergkiefernbestände ertragen den Verlust der Nadeln zwei und selbst drei Jahre hintereinander; die gemeine Kiefer kümmert dann zwar längere Zeit, wird auch noch von anderen Insekten, wie dem kleinen braunen Rüsselkäfer und dem Harzgallenwickler angenommen, die Bergkiefer aber ergänzt ihre Nadeln in gleichkräftigem Aussehen und verwischt in drei Jahren alle Spuren der schweren Verluste. Da die jungen Raupen im Frühlinge, das ist

meist Mitte Mai, aus dem Ei fallen und die Verpuppung in der ersten Hälfte des August vor sich geht, so dauert die Frasszeit drei Monate; daher der Frass so überaus umfangreich und wirksam. Als Vertilgungsmassregel würde das Zerdrücken der unbeholfenen Weibchen und das Abschaben oder Zerreiben der Eierschwämme anzuwenden sein, ob aber mit sichtbarem Erfolg, erscheint zweifelhaft, weil bei der Unregelmässigkeit der Bestände und bei der Eigentümlichkeit des Insektes, seine Eier ausser an starken, nicht schwankenden Bäumen auch an Pfählen, Zäunen, Telegraphenstangen, Hausgiebeln etc. abzulegen, immer nur ein geringer Teil der Eier vernichtet werden würde. In der weiteren Erwägung, dass die Bestände der Nehrung keine wesentliche Beeinträchtigung erleiden, das Insekt auch allmählich systematisch weiterrückt, ausserdem auch die Kosten der Vertilgung recht erheblich sein würden, wird von allen Maassregeln Abstand genommen und der Natur die endgiltige Beseitigung dieses nur selten auftretenden Schädlings überlassen. Generation einjährig, Ueberwinterung im Eizustande.

2. Der Kiefernprozessionsspinner, cnethocampa pinivora Kuhlw. (Abb. 342), hat sich vor mehr als fünfzehn Jahren zum Schrecken aller Badegäste in der Nähe des Seebadeortes Kahlberg auf der frischen Nehrung eingefunden und dort für lange Jahre einen dauernden Aufenthalt genommen; er ist dann, dem Zuge nach dem Osten folgend, allmählich weiter gewandert und im Jahre 1898 im Dünenbezirk Gr.-Bruch, Schutzbezirk Strauchbucht, angelangt. Obwohl der Frass dieser Raupe sich in bescheidenen Grenzen hält und dem Vernehmen nach auch um Kahlberg herum wenig nachteilig gewesen

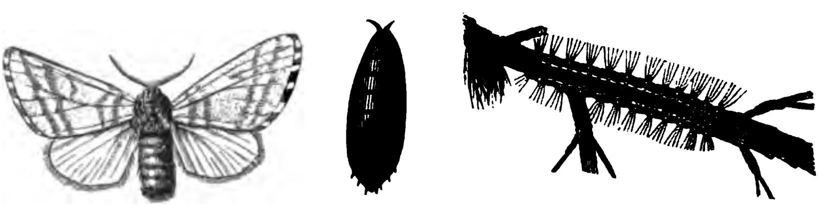


Abb. 342. Der Kiefernprozessionsspinner (cnethocampa pinivora) als Schmetterling, Puppe und Raupe. (Nach Ritzema Bos.)

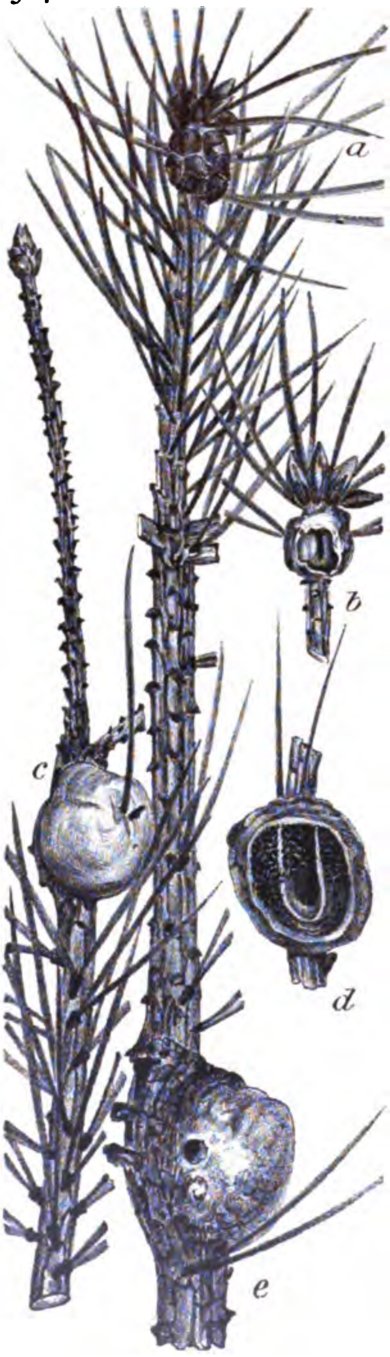
ist, so wurde doch bei ihrem Erscheinen im Königsberger Regierungsbezirk wegen der giftigen, ätzenden Eigenschaft derjenigen Haare, welche auf den rot umkreisten, schwarzen Rückenschildern stehen, ihr sofort der Krieg erklärt. Die Vertilgung der leicht erkennbaren, in einen Knäuel zusammengedrängten Raupen durch Abbrechen oder Abschneiden der Aeste und durch Zertreten oder Zerstampfen geht schnell vor sich; es waren fast ausschliesslich alleinstehende, kusselige

Kiefern bis zu 3 und 4 m Höhe auf hohen, trockenen Dünenbergen befallen. Der Verfasser hat infolge seiner Beteiligung bei der Vertilgung sich von der Schädlichkeit der Haare überzeugen können; es entstanden auf der Haut gerötete, erhabene Flecken; das brennende Jucken, ähnlich wie nach dem Berühren einer Nessel, hielt mindestens acht Tage an. Ob es gelungen sein wird, alle Raupen zu beseitigen, kann nicht festgestellt werden. Trifft die Annahme zu, dass dies Insekt nur eine zweijährige Generation hat, so müsste das Jahr 1900 die Entscheidung bringen. Ein Nachschub von Westen her ist nicht eingetreten. Die erste Ueberwinterung findet als Ei, die zweite Ueberwinterung im Puppenzustande statt; die Eier sitzen in spiralförmigen Ringen um einzelne Nadelpaare; die sandig rauhen Cocons stehen in handgrossen Nestern dicht gedrängt und aufrecht einige Zentimeter tief im Sandboden, der an jener Stelle aufgewühlt und mit einem leichten Gespinnstschleier überzogen ist.



Abb. 343. Frass der Kiefernsaateule (agrostis valligera) an Rinde, Nadeln und Trieben zweijähriger Kiefern, nat. Grösse. (Nach Eckstein.)

3. Von den Eulen tritt nur die Kiefernsaateule, agrostis valligera W. V., verheerend auf, nicht allein in den Kiefernsaatkämpen, sondern auch in den auf hohen, trockenen Dünen mit einjährigen gemeinen oder zweijährigen Bergkiefern ausgeführten Kulturen; die einjährigen Pflanzen werden von den Raupen unter der Oberfläche des Bodens abgebissen, während an den zweijährigen Kiefern der unterirdische Teil des Stengels und die Wurzel benagt oder stellen-



weise bis zur Hälfte durchgenagt wird; in beiden Fällen gehen die Pflanzen ein. Vgl. Abb. 343. Die langjährigen, unausgesetzten und allseitigen Vertilgungsmaassregeln, teils durch Herausheben der Raupen mit den Fingern bei Tage, teils durch Auflesen der oberirdisch weilenden Raupen bei Nacht unter Zuhilfenahme einer Laterne, haben in Ostpreussen vorzüglich gewirkt. Beschädigungen durch dies unheimliche Insekt kommen nur noch sehr vereinzelt vor. Einjährige Generation; Ueberwinterung als Raupe im Erdboden.

4. Der Kiefern-Harzgallenwickler, retinia resinella L., tritt auf den trockenen Dünenpartien in den Kiefernschonungen bis zur Höhe von 1,5 m meist nach Beschädigungen durch die Schüttekrankheit oder durch Frost häufig auf. Das Insekt ist zwar nicht im stande, die Pflanzen zu töten, beeinträchtigt aber das Gedeihen und ganz besonders den Höhenwuchs sehr erheblich. S. Abb. 344. Die Kiefern nehmen allmählich eine strauchige, kusselige, abgewölbte Form an, da der Frass stets mehrere Jahre hintereinander andauert, bis endlich ein günstiges, feuchtes und

Abb. 344. Harzgallen des Kiefern-Harzgallenwicklers (retinia oder tortrix resinella).
a junge einkammerige Galle im ersten Sommer; b dieselbe geöffnet, den Frassgang der Raupe im Zweige zeigend; c zweikammerige Galle im 2. Sommer, der Trieb ist abgestorben; d dieselbe geöffnet, mit Koth und dem Beginne des Frasskanals im Grunde der inneren Gallenkammer; e verlassene Galle mit Flugloch, aus dem sich die Puppe vorgeschoben hat. (1/1.) (Nach Eckstein.)

mässig warmes Jahr einen kräftigen Höhentrieb hervorbringt, welcher vermutlich wegen des zu grossen Saftgehaltes das Insekt vor der Ablage eines Eies abschreckt oder das etwa abgelegte Ei nicht zur Entwickelung

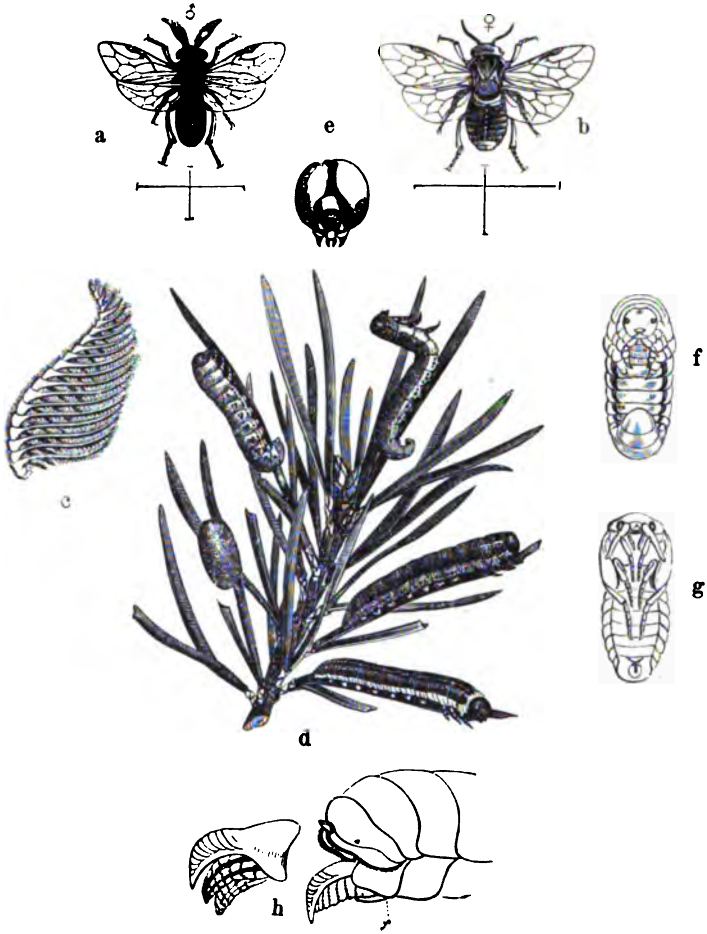


Abb. 345. Die gemeine Kiefern-Buschhorn-Blattwespe (lophyrus pini).
a b männl. u. weibl. Wespe; c Fühler des Männchens; d von Larven besetzter Kieferntrieb mit Cocon; e Larvenkopf; f im Cocon überwinterte Larve; g Puppe; h Hinterleib des Weibchens mit dem Sägeapparat. (Nach Henschel.)

gelangen lässt. Die Versuche, die Harzgallen im zweiten Winter der Entwickelung auszubrechen und damit die Raupen zu vernichten, haben wegen der Kostspieligkeit gegenüber der geringen Wirkung zur Anordnung einer ständigen Vertilgungsmassregel nicht geführt. Die Bergkiefern werden von diesem Insekt überhaupt nicht befallen.

Andere Wickler, namentlich die Triebwickler, kommen zwar in den Nadelholzschonungen vor, sind aber von so geringer Bedeutung, dass sie nicht aufgezählt zu werden brauchen.

5. Zwei Blattwespenarten sind recht gefährlich. Die gemeine Kiefernbuschhornblattwespe, lophyrus pini L. (Abb. 345), hat sich seit länger als zehn Jahren auf der frischen und kurischen Nehrung festgesetzt, scheint ab und zu verschwinden zu wollen und erscheint dann wider Erwarten in gewaltiger Menge. Auf der Halbinsel Hela und in Pommern ist sie kaum gesehen worden.



Abb. 346. Frass der Larve von lophyrus pini an einem Kieferntrieb. (Nach Henschel.)

Die Raupen fressen, bei der doppelten Generation des Insektes, die vorjährigen und die frischen Nadeln vollständig ab und wiederholen den Frass einige Jahre hintereinander. Die gemeine Kiefer bleibt durch diese Beschädigungen sehr erheblich im Wachstum zurück, geht auch wohl in einzelnen Exemplaren ein, die Bergkiefer dagegen überwindet die mehrjährige Entnadelung genau so schnell und gut wie bei dem Frass des Schwammspinners (zu 1). Es werden nur Kulturen und Schonungen etwa bis zu 2 m Höhe befallen (Abb. 346). Der Frass macht sich von weit her bemerkbar. Da die Larven zu 30 bis 100 Stück auf einzelnen Zweigen dicht zusammensitzen, so ist die Vertilgung leicht und wenig kostspielig. Im Königsberger Bezirk werden alljährlich Millionen vernichtet und dadurch allmählich die Vermehrung eingeschränkt. Am zweckmässigsten, einfachsten und billigsten ist das Zerquetschen der Raupen an den Aesten und Zweigen mit den Händen. Anfangs sträuben sich die Arbeiterinnen gegen diese wenig appetitliche Arbeit; aber eine geringe Zulage zum Tagelohn und die Gewährung einer Entschädigung für einen wollenen Handschuh macht sie willig. Unter den Vögeln sind die Stare die grössten Feinde. Der Dünenmeister in Gross Bruch hat im Jahre 1899 beobachtet,

dass eine stark befallene Schonung von grösserem Umfange innerhalb vierzehn Tagen durch die Stare von allen Raupen gesäubert war, so dass die bereits angeordnete Vertilgung durch Menschen unter-



Abb. 347. Kiefernzweig mit Kothsäcken der rotköpfigen Kiefern-Gespinstblattwespe. (lyda erythrocephala); natürliche Grösse. (Nach Eckstein.)

bleiben konnte. Von besonders günstiger Wirkung war der Umstand, dass in diesem Jahre die sogenannten Haffmücken, die Hauptnahrung der Stare, sehr verspätet sich einstellten. Hunger scheint sonach für die Thätigkeit dieser Vögel das treibende Element gewesen zu sein;

in früheren Jahren haben sie niemals in einem derartigen Umfange sich hilfreich gezeigt. Meistens doppelte Generation; Ueberwintern der Larven im Cocon am oder im Boden.

6. Die zweite Blattwespe ist die rotköpfige Gespinnstblattwespe, lyda erythrocephala L. (Abb. 347 u. 348.) Sie ist, soviel als dem Verfasser bekannt geworden, bisher nur an einer Stelle beobachtet und zwar auf der kurischen Nehrung im Dünenaufseherbezirk Pillkoppen, wo sie (seit 1897) bereits im dritten Jahre auf der durch Bergkiefern aufgeforsteten Wanderdüne hinter dem Dorfe Pillkoppen die acht- bis zehnjährigen Kulturen durch Abfressen der vorjährigen Nadeln schädigt; auch hier wird diesem Insekt, soweit als Arbeitskräfte und die verfügbaren Mittel es gestatten, durch Absammeln und Zerquetschen entgegengetreten. Obwohl die Pflanzen fast ganz entnadelt werden, ist ihr Eingehen nicht zu befürchten; immerhin ist zu wünschen, dass auch dieser Schädling bald wieder ausgerottet sein möge. Die Stare haben im Jahre 1899 hier ebenfalls in sehr erheb-



Abb. 348. Gurkenförmige Eier der rotköpfigen Kiefern-Gespinnstblattwespe (lyda erythrocephala), reihenweise an einer Kiefernnadel; darüber ein vergrössertes Ei. (Nach Nördlinger.)

lichem Umfange sich an der Vertilgung beteiligt. Einfache Generation; Ueberwinterung als Larve bis 10 cm tief im Boden in einer bohnenförmigen Höhlung.

7. Auf den jungen Kiefernpflanzen bis zum achtjährigen Alter innerhalb der Dünenkulturen bei Hela vegetiert ein Insekt, eine Coccosart, die der Verfasser im Jahre 1898 dort in grosser Menge gesehen hat, aber nicht genau bestimmen konnte; er hält sie für aspidiotus pini (Hrtg.), die echte Kiefern-Schildlaus; sie hat einen winzigen, weissbereiften, fast wolligen Schild und gleicht in der äusseren Erscheinung der chermes laricis, sitzt an dem unteren Teil der Nadelscheiden oder zwischen den beiden Nadeln unmittelbar über der Scheide und bringt die Nadeln zum Absterben, obwohl eine äussere Verletzung mit dem unbewaffneten Auge nicht wahrnehmbar ist; einige Pflanzen waren stark besetzt, selbst an den Zweigen und am Stengel. Die Möglichkeit ist nicht ausgeschlossen, dass jene Schildlaus nur in sekundärer Weise wirkt, dass die ursächliche Veranlassung zum Eingehen der Kiefern anderweitig zu suchen ist.

§ 35.

Wild. Zahlreich nach Arten ist das Wild im allgemeinen nicht, welches die Dünen beherbergen; es sind nur vertreten an Haarwild: der Hase, der Dachs, das Reh, auf der kurischen Nehrung das Elch, und an Raubzeug der Fuchs, Marder und Iltis, auf den Nordseeinseln Norderney und Amrum das wilde, zum Teil auch das verwilderte Kaninchen; an Federwild: das Birkwild, das Rebhuhn, einige Entenarten, vereinzelt als Brutvogel die Waldschnepfe und das Haselhuhn, einige Sumpf- und Wasservögel; ferner der Fischreiher, der Schreiadler, der Waldkauz; der Kormoran, der noch bis gegen das Jahr 1880 bei Schwarzort auf der kurischen Nehrung gemeinschaftlich mit Reihern horstete, ist leider plötzlich spurlos verschwunden. Die Zahl der Zugvögel, welche im Frühjahr und Herbst die Nehrungen aufsuchen und dort kurze Zeit Rast halten, ist nach Arten äusserst gross. Die Waldschnepfe und der Krammetsvogel fallen auf ihren Herbstzügen dort zahlreich ein; auch auf den Nordseeinseln, z. B. Norderney, Spiekeroog, Sylt, zeigt sich die Schnepfe im Herbst zur grossen Freude der Jäger, die sonst in jagdlicher Beziehung keine grosse Abwechselung haben. Dass auf den Nordseeinseln unzählige Enten auf dem Herbstzuge in den sogenannten Vogelkojen mit Hilfe von Lockenten gefangen werden, ist bereits früher erwähnt; es sind meist Spiessenten, Krick- und Knäckenten. Erwähnenswert ist noch die Vogelkolonie auf Langeoog. In den Melkhörner- und Ostender Dünen nisten alljährlich in grosser Zahl Silbermöven (larus argentatus), die Brand- oder Bergente (vulpanser tadorna L.), die Seeschwalbe (sterna hirundo) etc. Wir finden überall auf den Dünen ein reges Leben und Treiben der Tierwelt; je mehr die Festlegung und Aufforstung fortschreitet, desto stärker vermehrt sich das Wild, namentlich der Hase, das Reh und das Elch. Diese drei Wildgattungen sind auch die einzigen, welche den Kulturen nennenswerten Schaden zufügen.

Der Hase verbeisst die Fichten, die jungen Birken, Pappeln und Ahornpflanzen, schält in strengen Wintern ältere Pflanzen derselben Holzarten und äst sogar die Nadeln der gemeinen Kiefern glatt vom Stamm und den Trieben ab.

Das Rehwild schadet hauptsächlich durch Verbeissen aller Nadelhölzer; als Leckerbissen werden die pin. rigida und maritima angesehen; von Laubhölzern hat besonders die Birke zu leiden; die gleichfalls gefährdete Esche und Eiche wird ihm kaum irgendwo geboten. Die Nadelhölzer leiden am meisten unter dem Verbiss und können verschiedentlich ohne Abwehrmittel nicht hochgebracht werden. Das Fegen durch den Bock ist von geringer Bedeutung.

Um das Verbeissen durch Hasen und Rehe zu verhüten, werden die Nadelholzkulturen und Schonungen geteert, neuerdings auch geleimt, d. h. an den Endtrieben leicht mit Teer, der zur Verdünnung einen Zusatz von Petroleum erhält, oder mit Raupenleim bestrichen; letzterer wird von Ermisch in Burg bei Magdeburg bezogen. Das Teeren oder Leimen wird mit dünnen, schmalen Spateln oder Brettchen ausgeführt und erfordert eine gewisse Uebung und Vorsicht, damit die Endknospen nicht getroffen werden. Für das Auftragen des Leimes empfiehlt sich mehr die mit einem Handschuh bekleidete rechte Hand, in welche mit einem Spatel, den die linke Hand trägt, etwas Leim gestrichen wird; mit der Hand umfasst man etwa 10 cm unterhalb der Knospen den Trieb und lässt diesen leicht durch die Hand gleiten. Man hat es hierbei in der Gewalt, je nach dem Schliessen der Hand, einen schwachen oder stärkeren Druck auszuüben, wie es gerade die Menge des in der Handfläche befindlichen Leimes oder die Stärke der Pflanze und der Benadelung erfordert. Es genügt, wenn auf den Nadeln eine ganz geringe Menge Leim haften bleibt. Der Leim hat den grossen Vorzug, dass er die Knospen nicht schädigt, bis in den nächsten Sommer hinein klebrig und weich bleibt und ganz besonders das Rehwild aus den bestrichenen Schonungen vollständig verdrängt. Bei einiger Uebung der Arbeiter geht das Leimen billiger als das Teeren vor sich und ist insofern einfacher, als keine anderen Gerätschaften oder Vorbereitungen erforderlich sind. Der Teer dagegen muss, um ihn dünnflüssig zu machen, in eisernen Gefässen über offenem Feuer oder durch erhitzte Steine erwärmt und warm gehalten werden. Die Kosten halten sich wegen der hohen Transportkosten des Leimes im allgemeinen die Wage, fallen aber stellenweise und namentlich dort zu Ungunsten des Teeres aus, wo der Leim auf dem Wasserwege bezogen werden kann oder geringe Entfernungen zurückzulegen hat.

Der Schaden, den das Elchwild auf der kur. Nehrung anrichtet, erstreckt sich ausnahmslos auf Kiefernschonungen; es schält im Frühjahr, solange der Saft steigt, die jungen Pflanzen zwischen den einzelnen Quirlen, wo Nadeln nicht mehr ansitzen, und verbeisst sie im Herbst und Winter in den Seiten- und Höhentrieben; kann es die letzteren mit dem Geäse nicht mehr erreichen, so bricht es den Zopf heraus und äst ihn dann behaglich ab. Vermöge seiner angeborenen Trägheit bleibt es in denjenigen Schonungen, in denen es reichlich Aesung findet und die ihm zusagen, wochenlang stehen und richtet grosse Verheerungen an. Häufig entstehen Blössen und Räumden, die neu kultiviert oder mit Fichten ausgepflanzt werden müssen. Vom Verbeissen werden Schonungen von 1,5 bis zu 4 m Höhe betroffen; das Schälen beginnt

bereits bei einer Höhe von 0,5 m. Die gemeine Kiefer ist bisher im jüngeren Alter nicht verbissen worden, dagegen wird die reihenweise eingesprengte Schwarzkiefer schon mit 30 cm Höhe angenommen, dauernd unter der Schere gehalten und voraussichtlich nicht hoch zu bekommen sein. Die Bergkiefer wird gänzlich verschont. Schutzmittel gegen Verbeissen und Schälen sind nicht anwendbar; das Elchwild respektiert weder den Teer noch den Leim. Diese Schäden können einigermaassen gemildert werden durch reichliches und rechtzeitiges Fällen von Aspen, vom Oktober bis in den Monat April des nächsten Jahres hinein. Das Elchwild liebt diese Holzart ganz besonders, schält sie stehend bis zum starken Stangenholz und verbeisst sie ebenso wie Birken und Weiden in den Schonungen. Leider ist ein so grosser Vorrat an starken Aspen nicht vorhanden, dass jahraus jahrein der bereits auf 30 und mehr Stück angewachsene Elchbestand während 6 Monate gefüttert werden könnte. Das Mögliche wird aber gethan und künftig geschehen; auch wird alles Erforderliche bereitwilligst angeordnet und ausgeführt, um diesem antidiluvianischen Bewohner der ostpreussischen Wälder den Aufenthalt auf der kurischen Nehrung angenehm zu machen und ihn von dem Zurückwechseln nach dem Festlande abzuhalten, wo ihm in Form von Schrot und gehacktem Blei aus bäuerlichen Schiessprügeln der verschiedensten Kaliber schwerere Gefahren drohen als auf der friedlichen, weltverlassenen Nehrung mit ihrer dem Jagdsport gottlob ganz abholden Bevölkerung. Von Jahr zu Jahr nehmen die Waldbestände nach räumlichem Umfang, nach Höhe und Schluss erheblich zu, immer neue Dickungen, neue heimliche und urwaldliche Schlupfwinkel dem Elchwild bietend; möge letzteres sich dankbar erweisen und gleichfalls zunehmen an Zahl und Stärke, damit Schaufler von 20 und mehr Enden wieder des weidgerechten Jägers Herz erfreuen und nicht wie gegenwärtig nur in zoologischen Museen oder Geweihsammlungen zu finden sind.

Siebenter Abschnitt.

Strandbefestigung.

A. Dünenschutzwerke im allgemeinen.

§ 1.

Notwendigkeit der Strandbefestigung. So notwendig die Vordünen und ihre Unterhaltung auch für den Schutz und den Bestand unserer Küsten sind, einen unbedingt sicheren Schutz vermögen sie nicht an allen Orten zu geben. Zahlreiche Küstenstrecken sind so sehr den Angriffen der Wellen ausgesetzt, dass Jahr für Jahr Abbrüche erfolgen. Dies trifft nicht allein zu bei Küsten mit sandigen Ufern, sondern auch bei solchen aus festen Bodenarten. Es hängt von der Lage des Strandes, von der Richtung gegen die vorherrschenden Winde, von der Küstenströmung und manchen anderen Umständen ab. Während man an vielen Küstenstrecken beobachten kann, dass die aufgetretenen Sturmschäden durch spätere Versandungen ausgeglichen werden, dass der Strand das, was er an Höhe und Breite verloren hat, ohne Zuthun des Menschen bald von selbst wieder gewinnt, die Vordüne ohne erhebliche Arbeit gut unterhalten werden kann, ist an den unter starker Küstenströmung leidenden Stellen die Erhaltung der Vordüne unter Umständen ganz unmöglich. Die Aufhöhung und Verbreiterung des Strandes zu ruhigen Zeiten decken die Schäden nicht, welche die Sturmfluten gerissen haben. Der Strand wird von Jahr zu Jahr schmaler und niedriger. Die mühsam gewonnenen Vordünen werden durch Hochwasser und Wellenschlag jäh abgebrochen. Noch bevor die Arbeiten zur Wiedergewinnung des Verlorenen Erfolg gehabt haben, bricht eine neue Sturmflut herein und vernichtet mit der teilweise erreichten Aufsandung sogar den Rest der Vordüne. Derartigen heftigen und wiederholten Angriffen kann die schwache Sandgrasdecke nicht Widerstand leisten. An so gefährdeten Stellen

sind andere Mittel zur Sicherung der Küste erforderlich.*)

Diese besonderen Mittel zur Sicherung der Dünen und der Küsten erfordern einen erheblichen Kostenaufwand. Aus diesem Grunde können derartige Werke nicht überall da ausgeführt

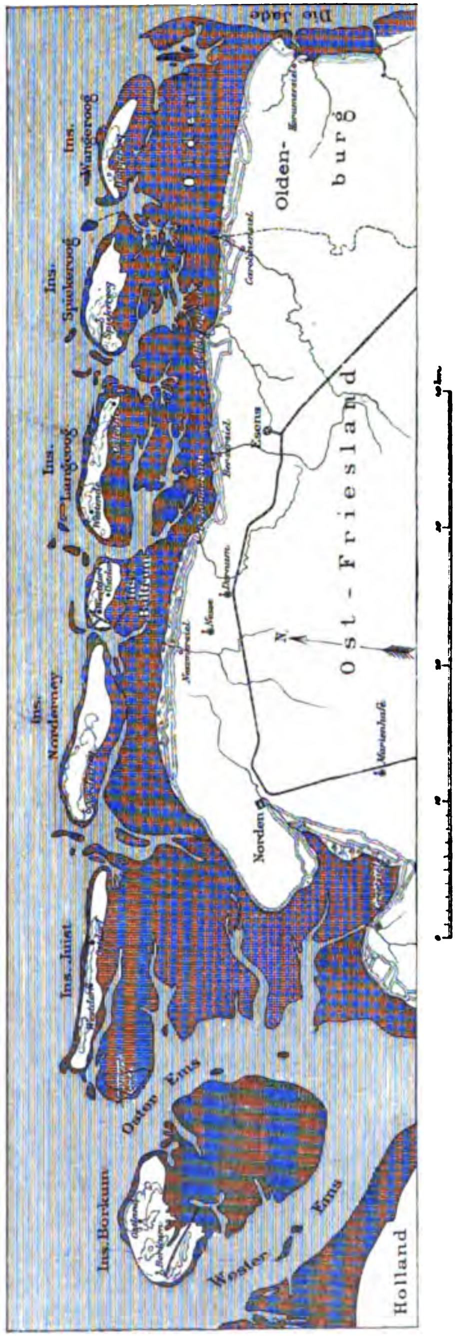


Abb. 349. Die ostfriesischen Inseln. (Die bei Niedrigwasser trockenen Watflächen sind doppelt schraffiert.)

*) Zu demselben Ergebnis ist man auch in anderen Ländern gekommen. So schreibt Grandjean über die Dünen der Gascogne in der Nähe von la Pointe (Les landes S. 38): J'ai dit que nous assistions impuissants à l'engloutissement des propriétés domaniales et privées; je veux dire que nous n'avons pas, jusqu'à présent, trouvé le moyen pratique d'y mettre un terme. Or, si cette corrosion n'est pas partout aussi importante qu'à la Pointe du sud elle-même, elle se produit cependant jusqu'au Sablonney et jusqu'au Mouleau. En 1812, la maison forestière du Mouleau était à 480 mètres de la plage; en 1852, elle était à 167 mètres; en 1863, à 149 mètres; en 1876, à 132 mètres; en 1882, à 136; en 1883, à 130; au 1[er] juillet 1895, à 128 mètres. —

Auch in Holland hat man nach den Dezemberfluten von 1894 die Notwendigkeit erkannt, mit der Befestigung des Strandes längs der ganzen Seeküste von Nord- und Südholland nicht länger zu warten (von Horn im Centralbl. der Bauverw. 1897, S. 265). Die in den letzten 200 Jahren an den holländischen Küsten verlorenen Flächen werden auf 4260 ha geschätzt (Centralbl. der Bauverw. 1899, S. 401).

werden, wo sie wünschenswert wären. Es müssen vorerst die wichtigsten Stellen der gefährdeten Küsten gesichert werden, und das sind diejenigen, bei welchen die Interessen weiter Kreise, ganzer Landstriche, der Schiffahrt u. a. m. auf dem Spiele stehen. So werden vor allen Dingen die Küstenstellen gedeckt, wo Leuchtfeuer, Baken oder andere Seezeichen sich befinden, oder wo es gilt, Häfen und die Ausmündungen von Flüssen zu schützen. Weiter aber kommen diejenigen Dünen in

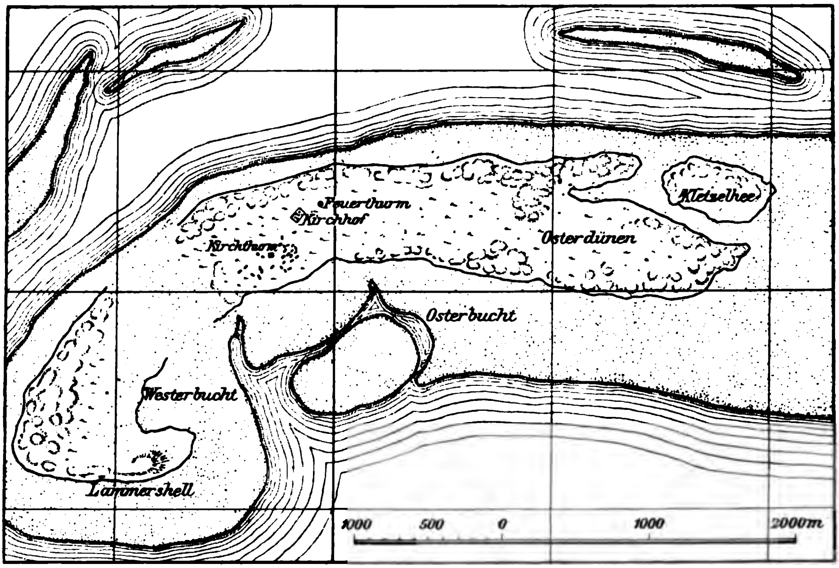


Abb. 350. Wangeroog im Jahre 1780.

betracht, welche selbst das Festland decken, wie die Dünen auf Sylt, und diejenigen Küstenstrecken, bei welchen die Gefahr eines Durchbruchs der See in eine Niederung oder in ein Binnenwasser vorliegt. Letzteres trifft z. B. bei den Seebuhnen zwischen Cranz und Sarkau zu, woselbst ein Durchbruch der See durch die an dieser Stelle besonders schmale und niedrige kurische Nehrung nach dem Haff hin zu befürchten ist. Endlich sind besondere Strandbefestigungen in der Nähe von Ortschaften und überall an solchen Dünen notwendig, wo der Wert der hinter den Dünen zu schützenden Ländereien so erheblich ist, dass er die hohen Kosten der Strandbefestigung rechtfertigt.

§ 2.

Veränderlichkeit der Dünenküste. Wangeroog. Wie mannigfachen Aenderungen eine Dünenküste unterliegt, welche heftigen

Angriffen von Sturmfluten ausgesetzt ist, wie sehr geboten zum Bestand der Dünen unter schwierigen Umständen eine kräftige Strandsicherung ist, wird am besten an einem Beispiel erläutert. Als solches mag die oldenburgische Insel Wangeroog dienen, die östlichste der ostfriesischen Inseln (Abb. 349).

Diese Insel muss in früheren Jahrhunderten eine recht erhebliche Grösse gehabt haben; denn sie hatte ehemals zwei Kirchen, welche im 14. Jahrhundert von den Holländern zur Strafe für die von den Wangeroogern verübten oder begünstigten Seeräubereien*) zerstört

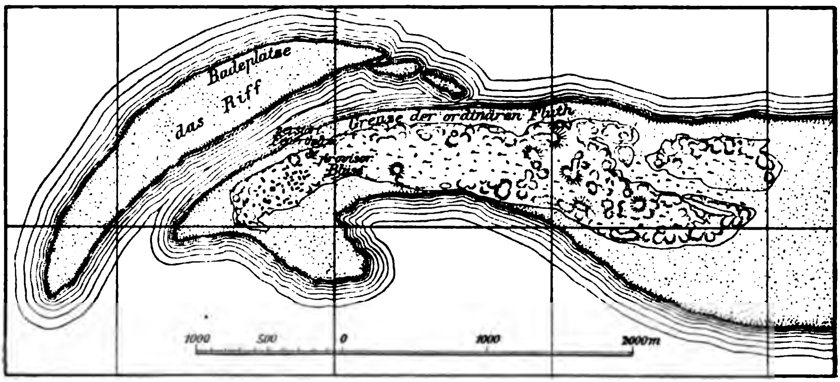


Abb. 351. Wangeroog im Jahre 1829.

wurden. Die Zustände von 1780 bis 1891 zeigen die Abb. 350 bis 354. Diese sind teils nach einer Abhandlung des früheren oldenburgischen Oberbaudirektors Lasius**), teils nach Aufnahmen des preussischen Generalstabes gefertigt, und bei gleichem Maassstab mit Netzen derartig an denselben Stellen überzogen, dass ein Vergleich der Karten und der Zustände auf der Insel erleichtert wird.

Im Jahre 1780 hatte nach Abb. 350 das hochwasserfreie Land der Insel eine grosse Ausdehnung. Einen Durchbruch im Nordwesten der Insel, welcher um das Jahr 1750 entstanden war, hatte man zu schliessen versucht, jedoch vergebens. Ein Feuerturm und ein Kirchhof befanden sich inmitten der Insel nahe der Durchbruchsstelle.

1812 errichteten die Franzosen dicht neben dem Feuerturm eine Batterie, um etwaige Landungsversuche der Engländer zu verhüten. Die hierzu ausgeführte Abtragung eines Teils der Dünen begünstigte die ohnehin starken Angriffe des Meeres. Der Feuerturm wurde bald

*) Chemnitz, Wangeroog und das Seebad Jever 1821.

**) Zeitschrift des Architekten- und Ingenieurvereins, Bd. XIII. 1867, S. 158.

von der See umspült; man versuchte, ihn durch Packwerk zu schützen, aber die Flut vom 3. Februar 1825 zerriss den Turm in zwei Teile: die eine Hälfte stürzte sofort ein, die zweite erst nach einigen Jahren. Abb. 351 zeigt den Zustand von 1829. Der Inselteil im Südwesten war ganz beseitigt. Ein früher im Nordwesten vorhandenes Riff hatte sich der Insel genähert; es lag so hoch über dem Mittelwasser der See, dass selbst bei höheren Wasserständen es nicht nötig war, die Badekarren zurückzuziehen.

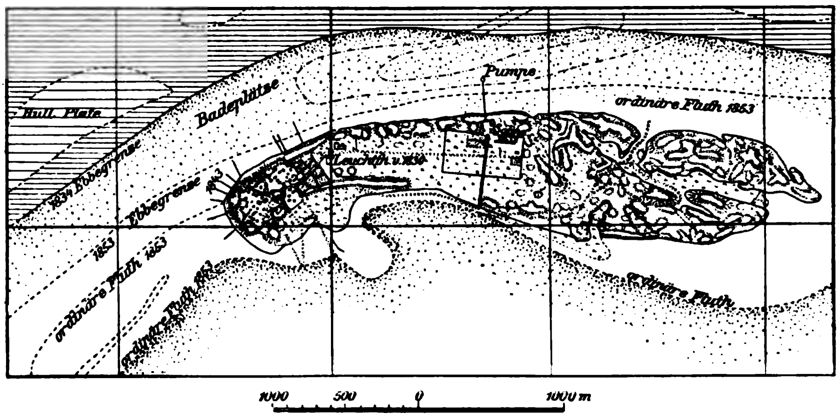


Abb. 352. Wangeroog in den Jahren 1843 und 1853.

Man versuchte, das Riff mit dem Dünensande der Insel zu verbinden. Die Arbeiten hatten Erfolg. Ein neuer Leuchtturm wurde 1830 mehr landeinwärts erbaut, auch eine Saline 1832 angelegt. Durch Buhnen, sogenannte Schlengen, versuchte man 1843 die nordwestliche Ecke der Insel gegen Wellenschlag zu sichern. Die Seebadeanstalt wurde erweitert und war in voller Blüte.

Da brach am 9. November 1850 eine Sturmflut über die Insel. Die nordwestliche Ecke bis zur Saline wurde zerstört. Die Blüte der Insel war gebrochen. Die leicht auf dem trockenen Strande gebauten Schlengen erwiesen sich als ganz wirkungslos. Die Bruchstelle kam einigen Häusern so bedenklich nahe, dass dieselben verlegt werden mussten. Abb. 352 zeigt den Zustand der Insel von 1843 und 1853.

Ein zweiter Einbruch der See, welcher am 25. Februar 1854 geschah, zwang dazu, die Verlegung des Dorfes nach dem Ostende der Insel zu erwägen. Bevor aber dieser Plan ausgeführt werden konnte, wurden durch die Sturmfluten vom Dezember 1854 und dem

Neujahrstage 1855 das Badehaus, die Schule und elf andere Häuser samt den Dünen, auf denen und hinter welchen sie standen, ein Raub der Wellen. Menschenleben gingen nicht verloren; aber der Eindruck, welchen eine sogleich entsandte Regierungskommission von der drohenden Gefahr empfing, war so überwältigend, dass sofort der Entschluss reifte, statt der Verlegung des Dorfes nach dem Ostende der Insel die Uebersiedelung aller Bewohner nach dem Festlande einzuleiten. Dies geschah. Nur ein kleiner Teil der Einwohner blieb zurück.

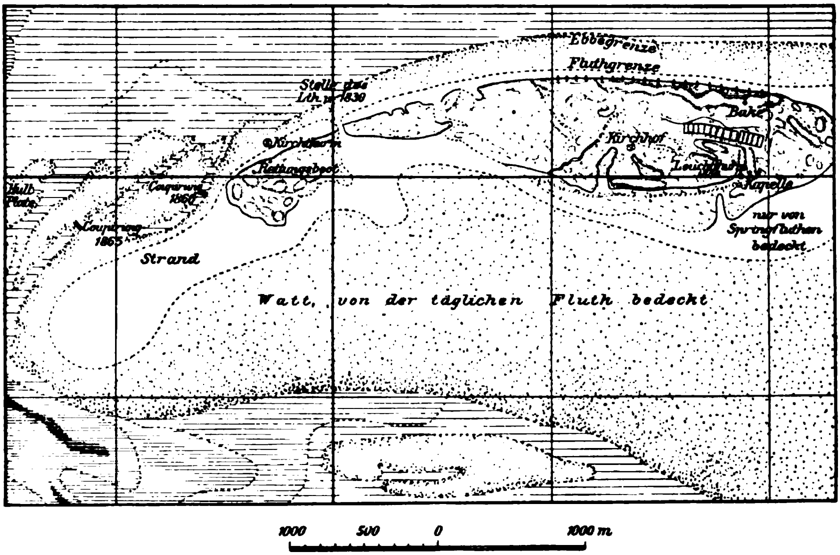


Abb. 353. Wangeroog im Jahre 1866.

Der Leuchtturm stand zwar noch, aber sein Einsturz konnte jederzeit erfolgen. Es wurde daher ein neuer Leuchtturm im Osten der Insel 1856 errichtet. Bald darauf, im Mai 1859, stürzte der alte Leuchtturm in die See. An der Stelle, wo früher das Dorf stand, nagte das Meer. Der leichte Dünensand wurde weggeschwemmt, besonders die Fluten vom 15. April 1859 und 10. März 1860 vollendeten das Werk der Zerstörung. Der Abbruch der Insel war dem grossen Kirchturm bedenklich nahe gekommen. Da dieser aber als Schiffahrtszeichen eine grosse Wichtigkeit hatte, so wurde er im Jahre 1865 durch ein kreisförmig ausgeführtes Packwerk gegen weitere Abbrüche mit vieler Mühe, aber mit Erfolg geschützt. Ausser diesem Turm war nur noch ein einziges Haus von dem alten Dorf übrig geblieben.

Im Südosten der Insel hatte sich eine Anhägerung gebildet. Hierher zogen sich die wenigen Bewohner zurück. Hier wurde auch 1866 eine Kapelle errichtet; der Nordrand wurde durch Uferdeckwerke geschützt (s. Abb. 353). Aber der nordwestliche Teil der Insel war dem Meere zum Opfer gefallen. Die Dünen waren zurückgewichen. Die Stellen des alten Feuerturms und des Leuchtturms von 1830 lagen in der See. Wo noch vor wenig Jahren das blühende Kirchdorf war, spülte die Hochflut über den Ebbestrand, und die Stelle der früheren Saline bezeichnete eine Siedepfanne, welche gleich einem Schiffswrack aus dem Strande hervorragte.

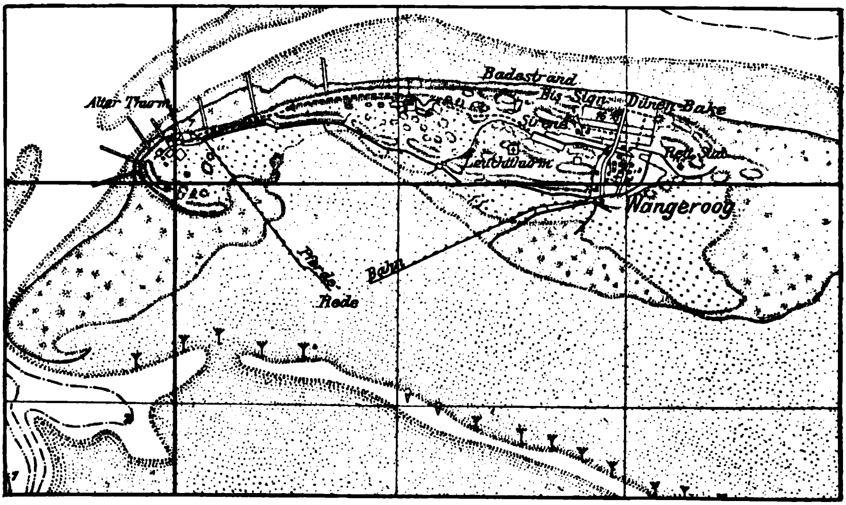


Abb. 354. Wangeroog im Jahre 1891.

Den Zustand der Insel nach der letzten Generalstabsaufnahme von 1891 stellt Abb. 354 dar. Am Ostende der Insel hat sich das Dorf entwickelt, eine Pferdebahn verbindet es mit der Anlegestelle der Dampfer auf der bei Hochwasser nutzbaren Rhede. Die Nordwestecke der Insel ist in gleicher Weise dem Verkehr erschlossen. Hier hat man durch Buhnen und Uferdeckwerke weiteren Abbrüchen der See mit Erfolg Halt geboten.

Das Netzwerk und besonders die stark gezogenen Linien desselben lassen auf den Karten deutlich das Zerstörungswerk des Jahrhunderts erkennen. Während im Jahre 1780 der Kreuzpunkt der beiden kräftig dargestellten Linien 1000 m in nordwestlicher Richtung von der hochwasserfreien Grenze der Insel entfernt war, betrug dieselbe

Entfernung im Jahre 1891 kaum 300 m. Im Jahre 1866, einige Zeit vor Anlage der Buhnen, war die Entfernung 320 m. Die Insel ist daher in den 86 Jahren von 1780 bis 1866 um 680 m, d. i. jährlich um 7,9 m nach Südosten zurückgewichen. In genau östlicher Richtung beträgt das Zurückweichen in derselben Zeit 870 m, d. i. jährlich durchschnittlich 10 m. Diese Zahlen legen die Notwendigkeit einer sicheren Deckung des Dünenstrandes an der gefährdeten Nordwestecke dar.

§ 3.

Unterscheidung zwischen Sicherung des Strandes und Sicherung des hohen Ufers. Bei Anlage von Dünenschutzwerken ist eine zweifache Thätigkeit zu unterscheiden: die Sicherung des Strandes und die Sicherung des anschliessenden höheren Ufers. Die Deckung des letzteren liegt näher. Hier tritt die verderbliche Wirkung des Meeres in die Erscheinung. Aber mit der Deckung des Ufers allein ist es nicht geschehen. Die beste Uferdeckung hat keinen Erfolg, wenn die Grundlage derselben fehlt, nämlich die Sicherstellung ihres Fundaments durch unbedingt zuverlässige Beschaffenheit des Strandes. Die Gewähr für die Sicherheit des Strandes muss daher vorliegen, bevor man mit Erfolg die Deckung des hohen Ufers unternehmen kann.

Bei dem Strande ist der trockene Teil von dem nassen Teil zu unterscheiden. Der trockene Strand liegt über, der nasse unter dem mittleren Wasserstande. Letzterer ist bei der Beweglichkeit des Sandbodens viel mehr als der trockene Strand den mannigfaltigsten Veränderungen unterworfen, je nach den Einwirkungen von Wind, Wellen und Strömung. Seine Erhaltung ist daher sehr schwer durchzuführen, aber trotzdem für den Bestand der Küste und der Dünen von der allergrössten Wichtigkeit.

In erster Linie sind daher Schutzmaassregeln zu treffen für die Erhaltung des nassen Strandes, demnächst des trockenen Strandes und endlich des hohen Ufers. Die Maassnahmen für die Sicherung des nassen und trockenen Strandes werden meist mit einander verbunden; die Schutzmaassregeln für die Sicherung des hohen Ufers sind dagegen anderer Art.

Abb. 355 zeigt die Westecke der ostfriesischen Düneninsel Baltrum. Aus den in der Wichter-Ee dargestellten Tiefenlinien ist ersichtlich, wie sehr dieselben der Insel näher rücken, und wie wichtig die Erhaltung des nassen Strandes ist. Das Beispiel soll den Unterschied zwischen Strandwerken und Uferwerken erläutern. Die Strandschutzwerke sind die Buhnen A bis M, welche wie die Zähne eines Kammes über den nassen und trockenen Strand sich hinziehen, und um deren Köpfe die

Strömung spült.*) Die Uferschutzwerke dagegen bestehen aus Ufermauern welche die Buhnenwurzeln mit einander verbinden, und das hohe Dünenland einschliessen.

B. Seebuhnen.

§ 4.

Sicherung des Strandes durch Buhnen. Höhe und Gefälle der Buhnen. Streichlinien. Die Buhnen sollen die Strömung brechen, die Bewegung des Wassers verlangsamen, und letzteres dadurch zwingen, die von ihm mitgeführten Sinkstoffe teilweise abzusetzen, so dass die bei früheren Stürmen entstandenen Vertiefungen des Strandes nach Beruhigung der See sich von selbst ausgleichen, der Strand in seiner Breite und Höhe erhalten bleibe. Es ist nicht die Aufgabe der Buhnen, als Wellenbrecher zu dienen: ihre Wirksamkeit darf nur auf die Erhaltung des Strandes gerichtet sein. Sie haben vor allen Dingen den nassen Strand zu schützen, und müssen deshalb weit genug über diesen in die See hinein sich erstrecken. Kurze Buhnen nach Art der „Schlengen" von 1843 auf Wangeroog (s. S. 536 u. Abb. 352) haben keinen Erfolg. Auf dem trockenen Strande müssen die Buhnen soweit fortgesetzt werden, dass sie gegen Hinterspülungen durch Hochwasser geschützt sind. Ist ein Deckwerk für den Uferschutz vorhanden, so sind die Buhnen bis an dasselbe zu führen.

Die Höhe der Buhnen muss auf dem trockenen Strande der erreichbaren oder gewünschten Höhenlage desselben entsprechen. Bis zu dieser Höhe erfolgt dann in der Regel die Versandung. Eine grössere Höhe bietet für die Buhnen keinen Vorteil, ist vielmehr nur nachteilig. Denn wenn die Buhnen an einzelnen Stellen über die nach dem Verlauf der Küste und des Ufers erreichbare Strandhöhe hinaus angelegt sind, so wird die Versandung der Buhnen in der grösseren Höhe unterbleiben, und die Buhnen, deren Rücken über dem trockenen Strande hervorragen, würden nur den ungestörten Auf- und Ablauf der Wellen hindern, und zu Auskolkungen Veranlassung geben.

Unter Wasser, also auf dem nassen Strande, müssen die Buhnen mit geringem Gefälle möglichst tief abwärts geführt werden. In dem Gebiet der Ebbe und Flut sind sie mindestens bis zur Tiefe des gewöhnlichen niedrigen Wassers anzulegen. (Vgl. Abb. 356, den Längenschnitt der Buhnen auf Baltrum.) In dem Gebiet der Ostsee reichen

*) Die Buhnen gleichen im kleinen dem „System der festen Punkte", welches in den letzten Jahren in Holland für die Befestigung der Küsten im grossen ausgebildet worden ist.

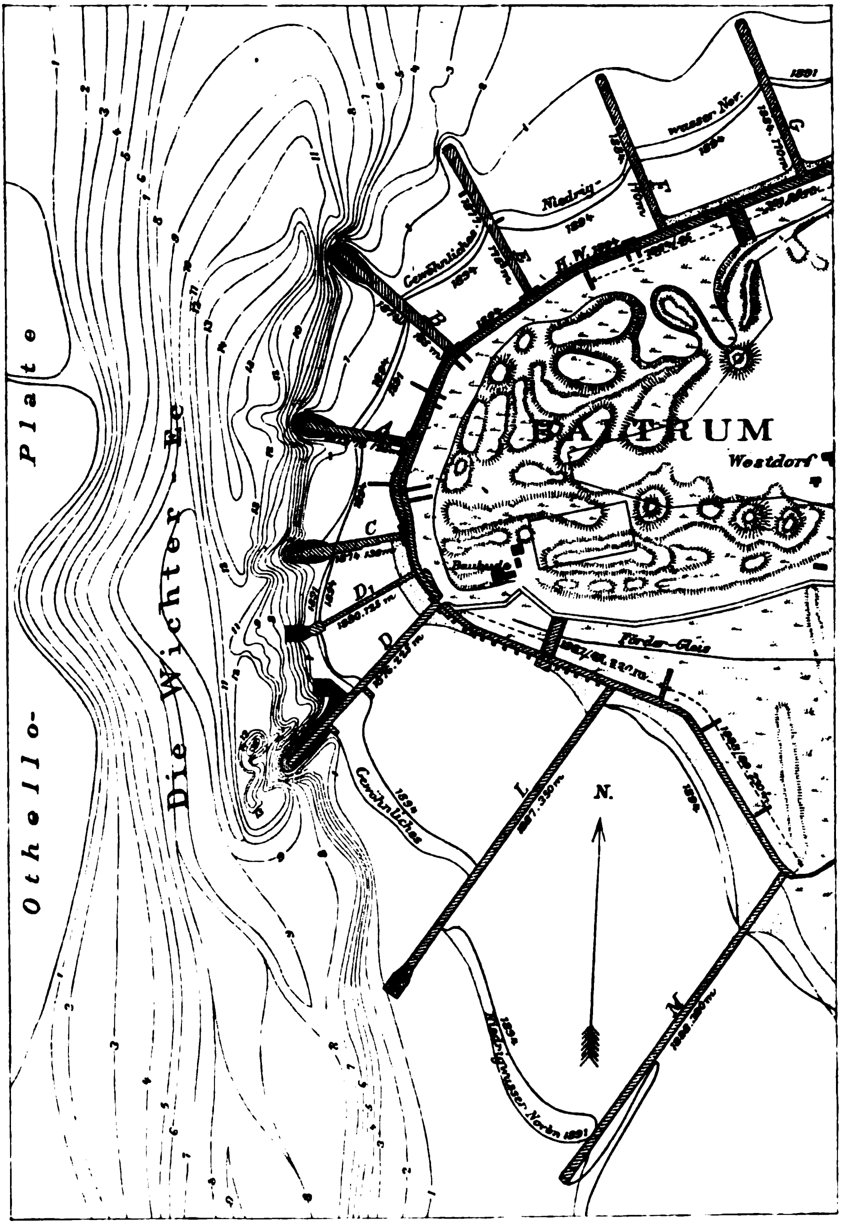


Abb. 355. Das Westufer von Baltrum.

sie mit ihren Köpfen bis zur Tiefe des mittleren Wassers. Besser noch ist es, die Buhnenköpfe noch tiefer zu führen, in der Nordsee bis unter den gewöhnlichen niedrigen Wasserstand (vgl. Abb. 375 S. 555, Längenschnitt der Buhnen auf Sylt), in der Ostsee bis 0,2 m unter Mittelwasser. Der zur Zeit der Bauausführung herrschende Wasserstand setzt aber diesen Absichten gewöhnlich Schwierigkeiten entgegen. Eine höhere Lage für die Buhnenköpfe als G. N. W. (Gewöhnliches Niedrig-Wasser) in der Nordsee und M. W. (Mittel-Wasser) in der Ostsee ist keinenfalls zulässig, weil sonst die Buhnen den Angriffen der Wellen und antreibenden Gegenstände, in der Ostsee des Eises, zu sehr ausgesetzt sein würden.

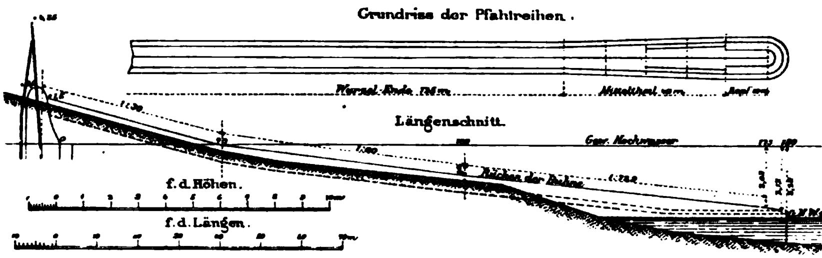


Abb. 356. Grundriss und Längenschnitt der Buhnen auf Baltrum.

Das Gefälle der Buhnen muss sich der Neigung des Strandes anschmiegen (Abb. 356 u. 375). Es darf 1 : 20 an keiner Stelle, selbst nicht auf dem trockenen Strande, überschreiten. Je näher dem Uferdeckwerk, um so steiler, je näher der See, um so flacher muss die Neigung der Buhnen sein. Die Buhnen auf Baltrum haben nach Abb. 356 am hohen Ufer die Neigung 1 : 30, in der Mitte 1 : 60 und an der See 1 : 72,9.*) Die Ostseebuhnen erhalten unter Wasser gewöhnlich eine horizontale Lage oder ein sehr schwaches Gefälle nach dem Kopf.

Bei Bestimmung der Gefällverhältnisse des Buhnenrückens muss auf die Lage des Strandes, seine erreichbare Breite und Höhenanlage Rücksicht genommen werden. Buhnen für die Deckung von abbrüchigen Küsten werden immer in Gruppen entworfen und ausgeführt. Es ist hierbei der nach dem Verlauf der Küste zu erwartende Strand im Lageplan zu ermitteln, und seine Höhenlage im Zusammenhange mit den Nachbarstrecken anzunehmen. Dann ergiebt sich für die Buhnenköpfe eine längs des Strandes gleichmässig verlaufende

*) In Holland haben die Buhnen die durchschnittliche Neigung 1 : 50 und werden bis Niedrigwasser geführt (von Horn im Centrabl. der Bauverw. 1897. S. 390).

Linie: die **Streichlinie** der Buhnenköpfe. Aus der Lage der Streichlinie und den Strandhöhen erhält man die für die Bauausführung vorzuschreibenden Neigungsverhältnisse der einzelnen Buhnen.

§ 5.

Richtung, Länge und Entfernung der Buhnen. Die Buhnen werden senkrecht gegen das Ufer gestellt. Die früher mehrfach ausgeführten Versuche, den Buhnen eine gegen die herrschende Küstenströmung geneigte Richtung zu geben, haben keinen bemerkenswerten Erfolg gehabt. Sie hatten nur den Nachteil im Gefolge, dass, um den Küstenschutz in der geplanten Breite zu erreichen, die Buhnen länger und daher kostspieliger werden mussten.

Die **Länge** der Buhnen muss mindestens so gross sein, dass die zur Sicherung des Ufers erforderliche Breite des nassen Strandes gewonnen wird. Sie findet ihre Grenze in den Kosten der Anlage bei zunehmender Wassertiefe. Es ist daher bei Bestimmung der Streichlinie zu erwägen, ob die Fortführung der Buhnen in tiefes Wasser begründet ist, oder ob es sich nicht vielmehr empfiehlt, statt der Verlängerung der Buhnen ihre Zahl zu vergrössern.

Die **Entfernung** der Buhnen ist nämlich abhängig von ihrer Länge. Je weiter die Buhnen in die See hervortreten, um so grösser ist ihre Wirkung, um so weiter dürfen sie von einander entfernt sein.

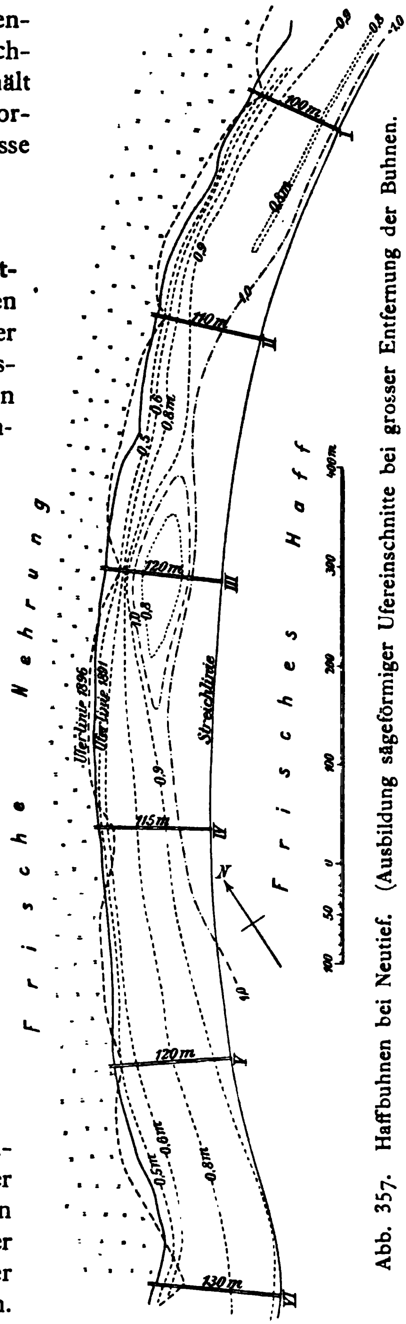


Abb. 357. Haffbuhnen bei Neutief. (Ausbildung sägeförmiger Ufereinschnitte bei grosser Entfernung der Buhnen.)

Als zweckmässiges Verhältnis für die Länge der Buhnen zu ihrer Entfernung hat die Erfahrung 1 : 1 gelehrt. Das heisst: die Entfernung der Buhnen darf nicht grösser sein als die Länge derselben vom Kopf bis zur Wurzel am Fusse der Vordüne. An der Ostsee bestimmt man auch mitunter die Entfernung der Buhnen nach ihrer Länge auf dem nassen Strande. Die Entfernung darf dann nur $1^1/_2$ bis höchstens 2mal so gross sein, als die Länge der Buhnen unter Mittelwasser beträgt. Es muss jedoch bemerkt werden, dass das Verhältnis 1 : 2 nach dieser Angabe im allgemeinen zu gross ist, und es besser ist, 1 : $1^3/_4$ nicht zu überschreiten.

Die Wirkung der Buhnen äussert sich auf dem Ufer durch Bildung sägeförmiger Einschnitte; denn die Wurzeln der Buhnen bilden feste Punkte in der Uferlinie und begünstigen die Versandung. Es ist dies bei den Buhnen von Wustrow (Abb. 360), von Sylt (Abb. 372), von Cranz (Abb. 380), von Warnemünde (Abb. 383), und besonders bei den Haffbuhnen von Neutief (Abb. 357 u. 441) zu erkennen.

Die zwischen den Buhnen liegenden Uferstrecken sind den Angriffen der Wellen ausgesetzt. Hier verzögert sich die Versandung. Es können sogar Abbrüche des Ufers dann eintreten, wenn die Buhnen zu weit von einander entfernt sind. Besonders an den Haffbuhnen (vgl. § 39) zeigen sich die hieraus ergebenden segmentförmigen Einschnitte des Ufers viel auffälliger als bei den Seebuhnen. Denn im Haff ist der Einfluss der über den trockenen Strand rollenden Seen, welche die sägeförmigen Einschnitte ausgleichen, geringer als an der Küste. Abb. 357 zeigt die Ausbildung des Haffufers infolge der Buhnen bei Neutief. Die Pfeilhöhe der Segmente ist um so grösser, je länger die Sehne, d. h. die Entfernung der Buhnen, ist. Die Stetigkeit und die gleichartige Führung leidet, wenn die Einbuchtungen zu tief werden. Um diese zu beschränken, darf daher die Länge und Entfernung der Buhnen nicht übermässig gross angenommen werden. Die Haffbuhnen bei Neutief waren mit 120 m Länge unter Mittelwasser bei 240 m Entfernung zu lang und zu weit entfernt angelegt. Die Ufereinbuchtungen zeigten Pfeilhöhen von 30 m. Eine Buhnenlänge von 60 bis 80 m im Wasserspiegel des Haffs würde hier genügt haben.



Abb. 358. Pfahlbuhne als einfache Pfahlreihe.



Abb. 359. Pfahlbuhne in doppelter Pfahlreihe.

§ 6.

Pfahlbuhnen. Die einfachsten und wohlfeilsten Seebuhnen bestehen aus eingerammten Pfahlreihen. Die Pfähle werden rund mit

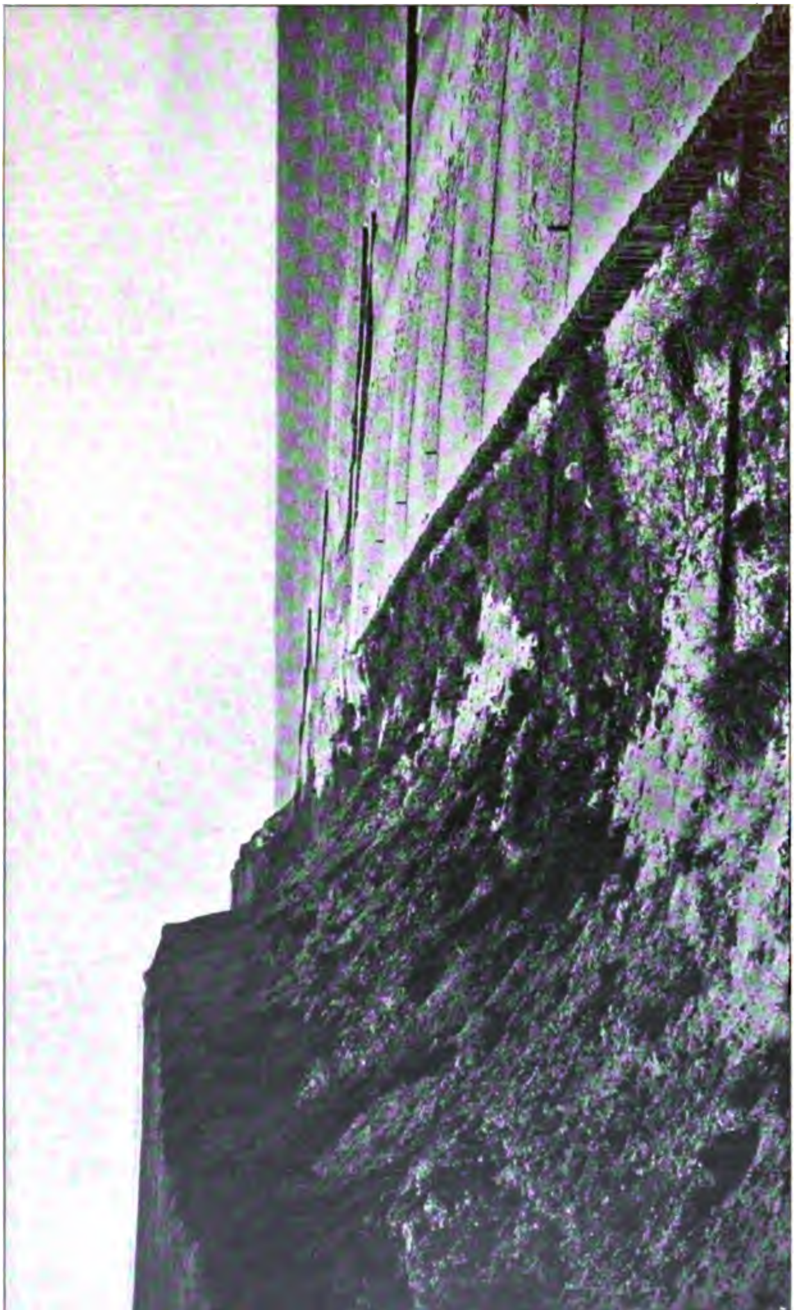


Abb. 360. Pfahlbuhnen in der Ostsee zwischen Wustrow und Ahrenshoop.

mindestens 16 cm grossem Durchmesser und in mindestens 2,5 m Länge verwendet. Bei grösserer Wassertiefe empfiehlt es sich, die Länge der Pfähle derartig zu bestimmen, dass sie mindestens dreimal so tief im Boden als im Wasser stehen. Sie werden möglichst dicht aneinander gerammt und zwar entweder als einfache Pfahlreihen (Abb. 358) oder als doppelte Pfahlreihen (Abb. 359).

Derartige Buhnen sind in grosser Zahl an den Ufern der Ostsee ausgeführt worden. Sie finden sich bei Cranz, Neufahrwasser, Oxhöft, bei Zempin, Damerow, Jershöft, Funkenhagen, Gr.-Horst, Koserow, am Ruden, bei Zingst, Wustrow (s. Abb. 360), bei Warnemünde, Heiligendamm, ferner in der Nordsee auf Amrum, bei Wyk auf Föhr und auf Sylt.

Die Wirkung der Buhnen ist zufriedenstellend, wenn es gelungen war, sie dicht einzurammen, und wenn die Zwischenräume zwischen den Pfählen sich mit Seemuscheln, Tang oder dergl. angefüllt haben. Haben aber die Zwischenräume eine grosse Entfernung, so wird die Meeresströmung durch die Pfahlreihen nur wenig beeinträchtigt; die Wirkung der Buhnen lässt dann zu wünschen übrig. Dazu kommt der Umstand, dass die Pfähle von beiden Seiten den Angriffen der Wellen ausgesetzt sind. Sie werden daher bald von der einen, bald von der anderen Seite gestossen und dadurch losgerüttelt. Auch wird der lockere Sandgrund längs der Pfähle durch die Rückströmung des Wassers ausgewaschen. Kommt nun gar die Wirkung des Eises hinzu, wie in den nördlichen Provinzen an der Ostsee, so ist es kaum möglich, die Pfahlbuhnen dauernd in ihrem Zustande zu erhalten. Die Pfähle werden durch den Eisschub schräg nach der einen oder der anderen Seite gedrückt, auch von vorn, so dass ihre Köpfe eine sägenförmige Linie bilden. Sie frieren im Eise ein, und werden von den sich hebenden Schollen aus dem Boden gezogen. Stehen sie fest im Boden, so reiben die Eisschollen längs der Pfahlreihen, durchscheuern den Splint und Kern, und führen schliesslich zu einem Bruch der Pfähle.

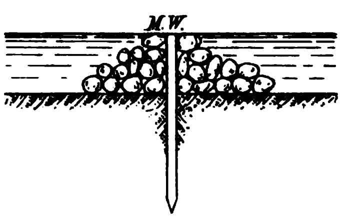


Abb. 361. Pfahlbuhnen mit Steinumschüttung am Ruden.

So werden z. B. die Pfahlbuhnen bei Cranz in jedem Jahr so stark vom Wellenschlag und dem Eise beschädigt, dass weite Lücken in den Reihen entstehen, und die Unterhaltungskosten ungewöhnlich gross werden. Es ist daher hier seit einigen Jahren die Bauart der Pfahlbuhnen aufgegeben, und eine zwar in der Anlage teuere, aber dafür haltbarere Bauweise angenommen worden (vgl. § 11). Aehnliche Erfahrungen hat man auch an anderen Orten gemacht.

Auf der Insel Ruden hat man die Pfahlbuhnen nach Abb. 361 auf beiden Seiten mit Steinschüttungen umgeben. Man hat hierdurch eine grössere Haltbarkeit und bessere Versandung erreicht.

§ 7.

Steinbuhnen. Buhnen aus Steinen werden in der Regel mit Zuhilfenahme von Pfählen und Faschinen hergestellt. Sie kommen zum Schutz der Dünen zahlreich und mit gutem Erfolg zur Anwendung.

Das erste derartige Werk war 1861 an der ostfriesischen Insel Norderney ausgeführt worden (§ 8). Später, im Jahre 1869, folgten

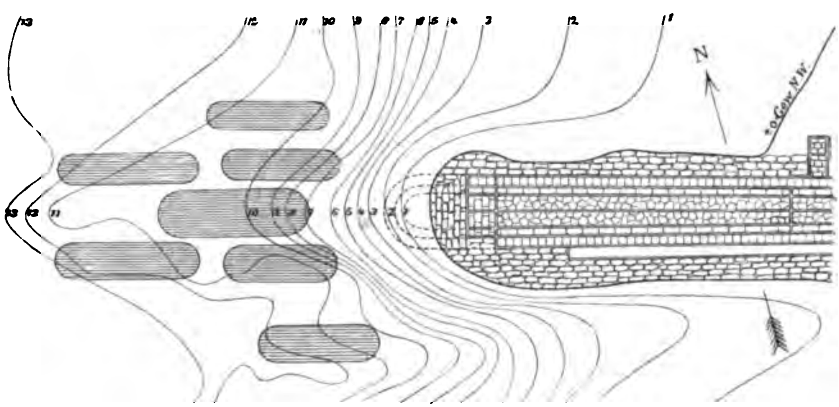


Abb. 362. Sicherung des Kopfes der Buhne A auf Baltrum mittels Versenken belasteter Schiffsgefässe.

ähnliche Werke auf Borkum und im Jahre 1873 auf Baltrum und Spiekeroog (§ 9). Im Jahre 1874 begann man mit der Erbauung von Steinbuhnen auf Sylt (§ 10), nachdem man dort seit 1865 vergebens mit Pfahlbuhnen der Zerstörung des Ufers zu begegnen versucht hatte.

Die Steindecke wird schwer und kräftig ausgeführt; sie bildet die oberste Schicht der Buhne und nimmt die Angriffe des Seeganges auf. Um sie in ihrer Lage zu erhalten, werden Pfähle in mehreren Längs- und Querreihen, deren Köpfe aber nicht über die Steindecke hervorragen dürfen, in den Boden gerammt. In den so entstandenen Feldern werden die Steine verpackt. Damit diese nicht teilweise in den Boden einsinken, vielmehr eine geschlossene, aber elastische Decke bilden, erhalten sie eine Unterbettung von Faschinen.

Die Bauart dieser Buhnen ist sehr kostspielig. Sie kommt daher nur an denjenigen Dünenstrecken zur Anwendung, wo die heftigsten

Stürme auftreten und eine so kräftige Bauweise erfordern, wo ausserdem die Erhaltung der Dünen für andere Zwecke so wichtig ist, dass sie die aufgewendeten Kosten rechtfertigt.

In der Ausführung selbst sind mannigfache Bauarten erprobt worden. Man hat eine schwere Bauweise, welche sich gut bewährte, aber für den Zweck zu teuer erschien, durch ein leichteres Verfahren

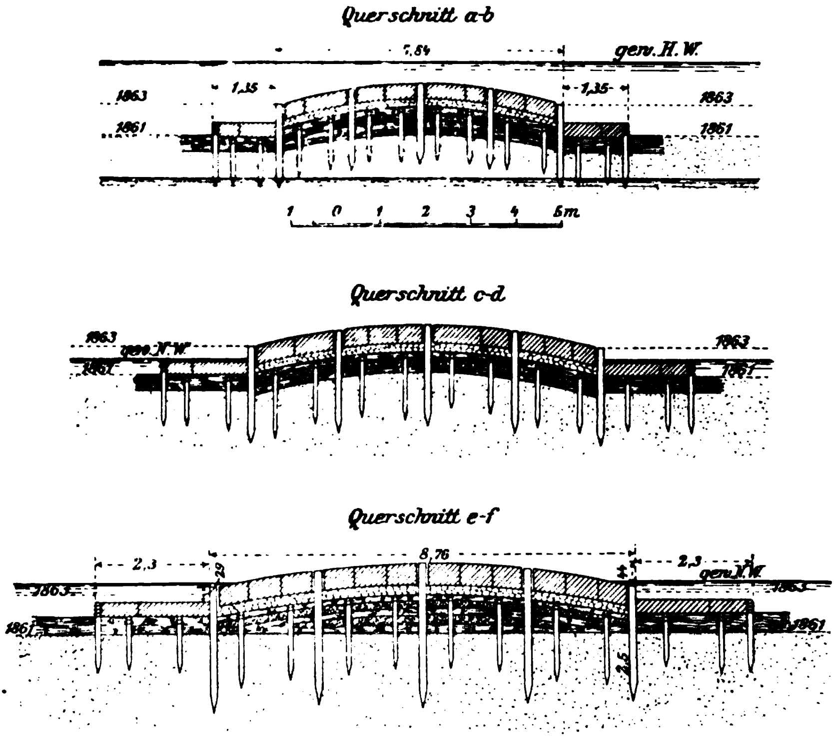


Abb. 363—365. Querschnitte der Steinbuhnen auf Norderney.

ersetzt; man hat an anderer Stelle leichte Buhnen später kräftiger ausgeführt, und so die für jede Oertlichkeit geeignete Bauart ermittelt.

Wie sehr die Buhnen gefährdet und wie notwendig sie zum Schutz der Dünen sind, zeigt Abb. 355, die Westküste von Baltrum, mit den vor den Köpfen der Buhnen sich hinziehenden Tiefenlinien. Abb. 362 giebt eine genauere Darlegung der Tiefenverhältnisse vor dem Kopf der Buhne A und des zur Sicherung des Kopfes mit Erfolg angewandten Verfahrens durch Versenken belasteter Schiffsgefässe.

§ 8.

Die Steinbuhnen von Norderney. Die ältesten im Jahre 1861 erbauten Steinbuhnen von Norderney waren nach Abb. 363—367 angelegt worden. Dieselben haben sich vorzüglich bewährt und daher als Muster gedient für alle späteren Anlagen. Die Buhnen sind 190 bis 210 m lang, sie stützen sich mit der Wurzel, d. i. dem landseitigen Ende, gegen ein Dünenschutzwerk (s. Abb. 366) und haben eine solche Neigung, dass die Krone an der Wurzel 1,5 m über dem

Abb. 366. Buhnenwurzel.

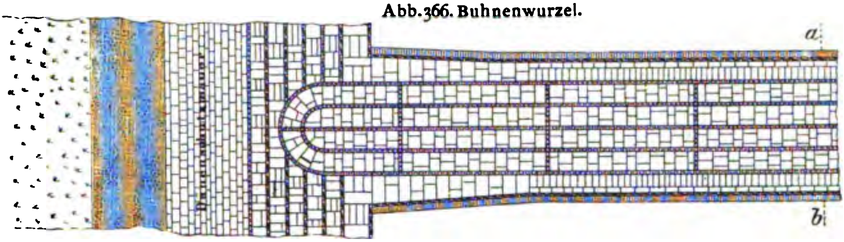


Abb. 367. Buhnenkopf.

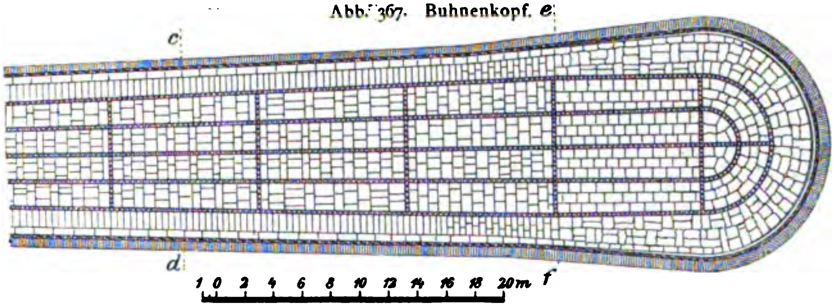


Abb. 366 und 367. Grundriss der Steinbuhnen auf Norderney.

gewöhnlichen Hochwasser, am Kopf 0,3 m über dem Spiegel des gewöhnlichen Niedrigwassers hervorragt.

Der Abstand der Buhnen untereinander ist ungefähr gleich ihrer Länge, und die Richtung möglichst senkrecht auf das Dünenschutzwerk und die Linie des niedrigen Wasserstandes. Der Hauptkörper der Buhnen hat in der oberen Strecke eine Breite von 5,84 m (Querschnitt a—b Abb. 363). Dieselbe nimmt nach dem Kopf zu auf 8,76 m (Querschnitt e—f Abb. 365). An den Seiten sind Bermen angebracht, die am Kopf 3 bis 5 m, im übrigen 1,35 bis 3 m Breite haben. Der Körper der Buhnen besteht aus einer 40 bis 60 cm starken Faschinendecke aus Quer- und Längslagen, welche in dem Hauptteil des Buhnen-

körpers abgewölbt ist. Darüber lagert eine 20 cm starke Schüttung von Steinbrocken und demnächst eine Decke von schweren 30 bis 40 cm starken Quadern. Diese Steindecke ist durch fünf in der Längsrichtung des Werkes geschlagene Pfahlreihen und durch verschiedene Querreihen in Felder geteilt, so dass ein Verrücken der Quadern nicht möglich ist.

Im Querschnitt sind die Buhnen derartig gewölbt, dass ihr Rücken 0,44 m höher liegt als die Seite. Die Bermen liegen im allgemeinen 0,3 m tiefer als die Seiten des Hauptkörpers. Sie sind durch Flechtzäune und Pfahlreihen begrenzt, deren Pfähle am Wurzelende 2 bis 3 m, am Kopfe 3 m lang sind.

Später, im Jahre 1873 bis 1875, hatte man versucht, der Kostenersparnis wegen die Buhnen schmaler auszuführen und teilweise statt der Quadern mit Bruchsteinen abzudecken. Es ergab sich aber schon im Jahre 1876 die Notwendigkeit, diese Buhnen durch Umschliessung mit breiteren Steinbermen zu sichern.*)

§ 9.

Die Buhnen auf Baltrum, Spiekeroog und Borkum. Die Buhnen auf Baltrum und Spiekeroog sind 1873 bis 1878 bezw. 1873 bis 1880 nach Art der älteren Norderneyer Werke ausgeführt worden. Abb. 356 S. 542 zeigt den Längenschnitt und Grundriss der Pfahlreihen in den Buhnen auf Baltrum. Hier wurden die Köpfe der Buhnen durch die sich ihnen bedenklich nähernden Seetiefen gefährdet (vgl. Abb. 355). Anfänglich wirkte man durch Verlegen von Senkfaschinen dem Uebel entgegen. Als aber die gewaltige Sturmflut vom 30. Januar 1877 einige Buhnenköpfe zerstörte, und die Sturmfluten der folgenden Jahre noch weitere Beschädigungen anrichteten, musste durch Vorlage von Bermen für eine Verbreiterung des Buhnenkörpers und schliesslich durch Versenken von belasteten Schiffsgefässen für eine weitere Sicherung der Buhnenköpfe gesorgt werden (vgl. Abb. 362 S. 547). Der Raum zwischen den versenkten Schiffen und dem Buhnenkörper wurde mit Senkfaschinen gefüllt.

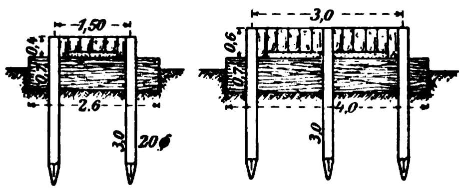


Abb. 368 u. 369. Basaltbuhnen No. 14 und 15 auf Borkum.

Auf Borkum waren die Werke nach Art der Norderneyer Buhnen, jedoch in Entfernungen, welche dem 1⅓- bis 1½fachen ihrer Länge entsprachen, angelegt worden. Es stellte sich heraus, dass diese

*) Hann. Zeitschr. 1864, S. 314, und Zeitschr. f. Bauw. 1882, S. 530.

Entfernung zu gross war, und wurden deshalb später Zwischenwerke von leichterer Bauart eingeschaltet.

Die im Jahre 1887 angelegten Buhnen No. 14 und 15, welche an einer weniger dem starken Wellengange ausgesetzten Stelle errichtet wurden, erhielten eine einfachere Bauweise. Sie wurden nach Abb. 368 u. 369 auf 0,7 m starker Unterbettung aus Faschinen nur in 3 bezw. 1,5 m Breite ausgeführt, und durch 3 bezw. 2 Längspfahlreihen mit den erforderlichen Querreihen gehalten. Die Bedeckung geschah aber durch schwere Basaltsäulen von 0,5 m Höhe auf Schotterunterlage. An den äussersten Pfahlreihen wurden die Basaltsäulen als Saumsteine 0,6 m hoch aufgestellt. Das grosse spezifische Gewicht dieser Abdeckung und der enge gute Schluss der Steine begründeten die Ausführung der Buhnen in schmalerer Breite. Diese Bauweise hat sich gut bewährt.*)

§ 10.

Die Buhnen auf Sylt.

Die nordfriesischen Inseln liegen nach Abb. 370 vor der Westküste von Schleswig.

*) Zeitschrift für Bauw. 1895, S. 397, und 1896, S. 265.



Abb. 370. Die nordfriesischen Inseln.



Abb. 371. Die Insel Sylt und ihre Strandbefestigung.

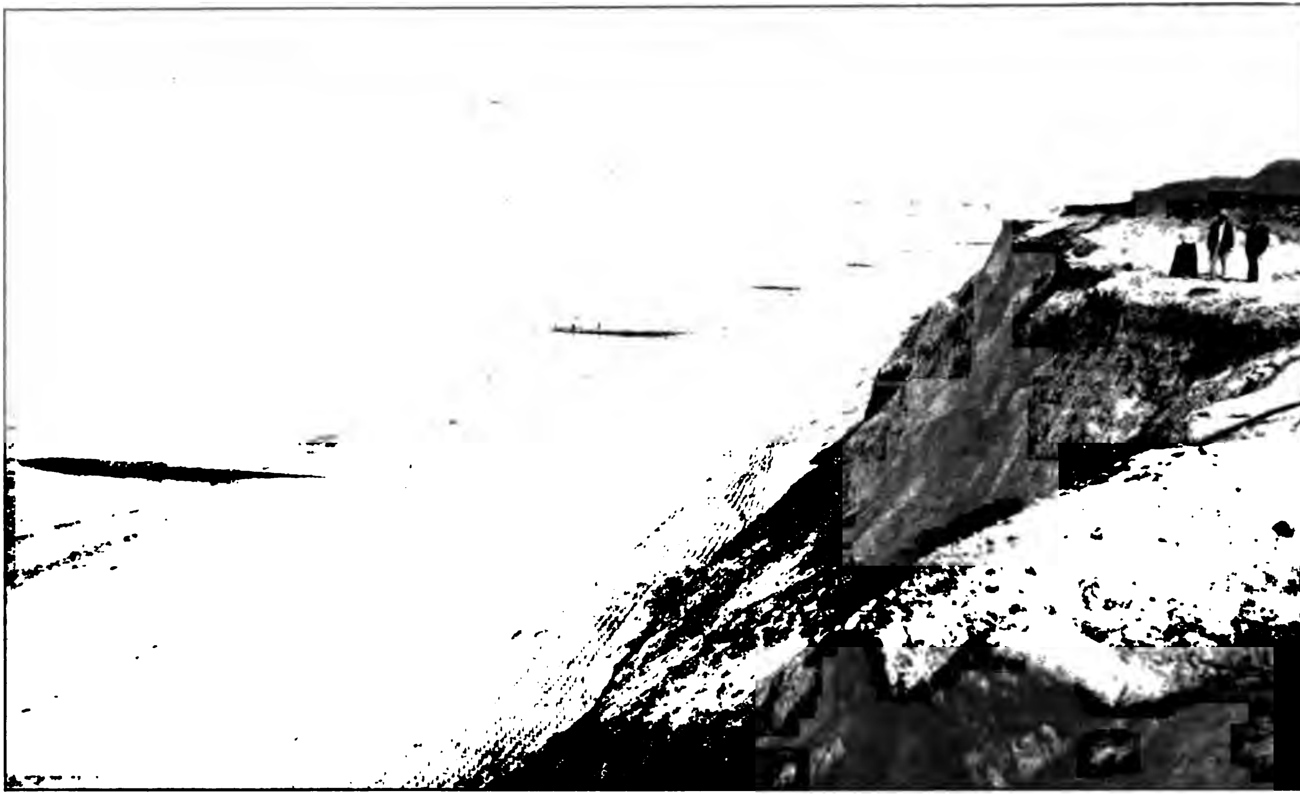


Abb. 372. Das rote Kliff auf der Insel Sylt mit Vordünen und den Strandbuhnen von 1885. (Aufn. d. Verf. 1898.)

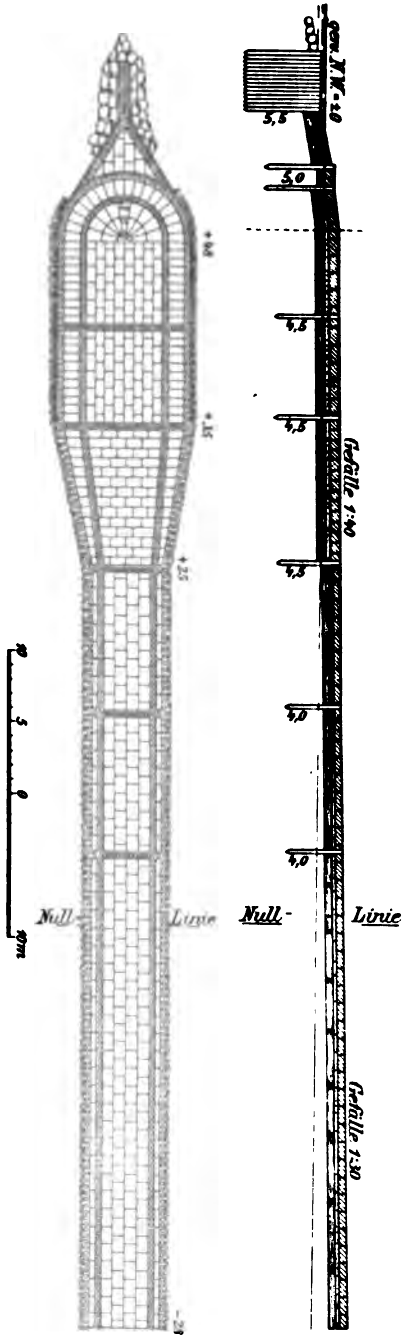


Abb. 373 u. 374. Hauptbuhnen mit Abdeckung von Cementblöcken auf Sylt.
373: Längenschnitt; 374: Grundriss. (Die Zahlen −28, +25 u. s. w. geben die Entfernung von der Null-Linie an).

Sie schützen die fruchtbaren und wertvollen, grösstenteils eingedeichten Marschländereien des Festlandes vor den Angriffen der Nordsee. Röm und Amrum sind durch vorliegende breite Sande gegen die Fluten geschützt; auf Amrum und Föhr sind ausserdem Buhnen aus doppelten Pfahlreihen angelegt worden. Diese Mittel genügen zum Schutz der bezeichneten Inseln. Die am weitesten vorgeschobene Insel Sylt dagegen ist den Angriffen der See am meisten ausgesetzt. Welche Schwierigkeiten der Küstenschutz hier verursacht hat, ist bereits im IV. Abschnitt § 19 S. 306 geschildert worden.

Abb. 371 stellt die Insel Sylt im grösseren Maassstabe und die darauf angelegten Werke dar. Mit der von der preussischen Regierung 1865 getroffenen Anordnung für den regelmässigen Ausbau der Vordünen wurde die erste Maassnahme zur Erhaltung der Küste unternommen. Aber da man beobachtete, dass wegen der starken Strömung und des hohen Wellenganges durch die Vordüne allein die Küste nicht geschützt werden konnte, so begann man auf dem Vorstrande am Nordende des roten Kliffs Buhnen anzulegen. Diese Buhnen waren Pfahlbuhnen. Noch jetzt sind die Reste derselben bei nied-

rigem Wasser sichtbar. Sie haben keinen bemerkenswerten Erfolg gehabt. Schon 1874 erkannte man die Notwendigkeit, mit kräftigeren Werken die Insel zu schützen.

In diesem Jahre wurde in der Mitte der Insel vor dem Orte Westerland die erste Steinbuhne ausgeführt. Dieselbe hatte eine den Norderneyer Buhnen ähnliche Bauart erhalten, nur mit dem Unterschiede, dass die Steindecke im Querschnitt ein beiderseitiges Gefälle 1 : 3 erhielt. Diese Schweinsrückenform hatte sich aber nicht bewährt. Die seitlich über die Buhnen stürzenden Wellen gruben tiefe Löcher

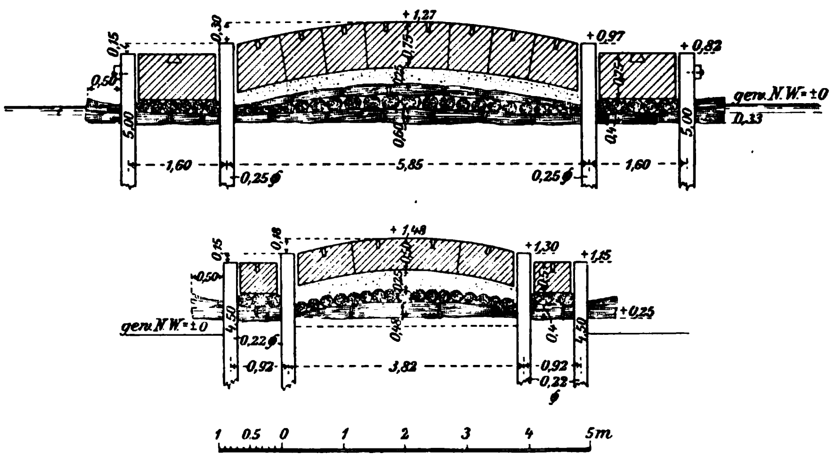


Abb. 375 und 376. Hauptbuhnen mit Abdeckung von Cementblöcken auf Sylt. 375: Querschnitt bei +35; 376: Querschnitt bei +25 des Grundrisses Abb. 374.

in den Strand neben den Werken und beschädigten diese. Es mussten die Buhnen deshalb umgebaut werden.

Dies geschah nach Norderneyer Muster. Bei den später ausgeführten Werken liess man jedoch die mittlere Längspfahlreihe fehlen und verwandte statt der Findlingssteine künstliche Cementblöcke. Abb. 372 giebt eine Darstellung der Buhnen mit den Vordünen am roten Kliff. Die Abb. 373 bis 376 erläutern die jetzt gebräuchliche Bauweise einer Hauptbuhne in dem Längenschnitt, dem Grundriss und zwei Querschnitten.

Die Breite der Buhnen beträgt zwischen den Pfahlmitten im Hauptteil des Buhnenkörpers (Abb. 376) 3,82 m, am Kopf (Abb. 375) 5,85 m. Dazu treten zwei Bermen von 0,92 m Breite, welche am Kopf sich auf 1,6 m verbreitern. Der Buhnenkörper besteht in dem Hauptteil aus einer nach der Wölbung der Buhnen gelegten

Faschinendecke von 0,48 m, am Kopf von 0,60 m Stärke. Sie ist mit einer Schotterschicht von 25 cm Höhe überdeckt. Auf dieser ruhen die Cementblöcke. In den Bermen fällt die Schotterschicht fort, die Steindecke liegt hier auch 15 cm tiefer als die Steindecke des mittleren Buhnenteils. Die Querwölbung des letzteren beträgt 18 cm in dem mittleren Teil und 30 cm in dem breiten Kopf der Buhne. Die Faschinen treten an allen Seiten um 0,50 m neben der Buhne hervor. Vor dem Kopf der Buhne ist zur Verlängerung eine doppelte Pfahlreihe geschlagen worden (s. Abb. 373 u. 374).



Abb. 377. Unterfüllen der Steindecke bei den Buhnen auf Sylt.
(Aufnahme des Verfassers 1898.)

Die Cementblöcke werden in den aus dem Querschnitt und dem Grundriss ersichtlichen Formen mit grösster Sorgfalt hergestellt und verlegt. Sie erhalten im allgemeinen 50 cm Stärke, nur am Kopf 75 cm. Die Herstellung geschieht gegenwärtig im Boakenthal. Abb. 298 S. 411 zeigt in der Ferne die Baustelle für die Blöcke. Das Versetzen erfolgt mit Hilfe eines Krahnes durch schwalbenschwanzförmige Löcher in der Oberfläche der Blöcke.

Mit der Zeit verwerfen sich die Steine, denn das Füllmaterial setzt sich verschieden. Es müssen dann die Cementblöcke einzeln

durch einen Krahn gehoben, das Lager durch Reisigunterbettung aufgefüllt, und die Blöcke wieder auf ihre frühere Stelle niedergelassen werden. Abb. 377 erläutert diesen Vorgang.*)

§ 11.

Pfahlbuhnen mit Faschinen- und Steinfüllung in der Ostsee bei Cranz. Die Ausführung von Buhnen in den vorbeschriebenen schweren und soliden Bauarten wird an den Küsten der Nordsee durch den Wechsel von Ebbe und Flut erleichtert. Es wird die Ebbezeit benutzt, um die Buhnen in der erforderlichen Tiefe herzustellen. An der Ostsee, wo die Gezeiten fehlen, ist ein solches Bauverfahren nicht möglich. Man hat hier von der geringeren Heftigkeit der Seewinde Nutzen gezogen, und die Buhnen in leichterer Bauart aus Pfählen, Faschinen und Steinen hergestellt.

Zuerst waren derartige Buhnen an den Ufern des frischen und kurischen Haffs ausgeführt worden. Maassgebend für das Verfahren waren die seit Jahren an den Hafenbauten in Pillau gemachten guten Erfahrungen. Diese Bauten werden in der Regel derartig hergestellt, dass zwei Pfahlreihen in geringer oder grösserer Entfernung mit der

*) Die Steinbuhnen in Holland werden mit abgerundetem Querschnitt nach Abb. 378 hergestellt. Sie werden soweit in den Strand eingebaut, dass sie in der Mitte nur 0,5 bis 0,9 m über demselben emporragen. Sie bestehen aus einer Pflasterung von Steinen, die auf einem Bett von Ziegelsteinbrocken ruht, welches wiederum auf Faschinen, Riet oder Klaiboden aufliegt. Der Rücken der Buhnen wird mit ein oder zwei offenen Pfahlreihen ausgestattet, die 1 m oder mehr hervorstehen, und von welchen man eine Verringerung des Wellenschlages und eine stärkere Versandung erhofft.

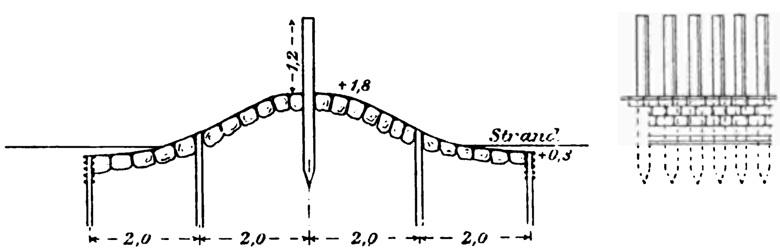


Abb. 378. Buhnen bei Scheveningen im Querschnitt und der Seitenansicht.

Trotzdem den deutschen Ingenieuren diese holländische Bauweise sehr wohl bekannt ist, beharren sie bei der Bauart niedriger Buhnen ohne hohe offene Pfahlreihen. Und mit Recht. Die Aufgabe der Buhnen ist die Erhaltung des Strandes. Ein breiter, nasser und trockener Strand ist das beste Schutzmittel gegen die Wirkung der Wellen. Die Abkehr des über den Strand hinweg das hohe Ufer noch erreichenden Wellenschlages fällt den Uferdeckwerken zu. Wird die Minderung des Wellenschlages gleichzeitig auch den Buhnen übertragen, so geschieht dies auf Kosten der Standsicherheit der Werke.

Neigung 1:¼ in den Boden gerammt, und auf einem Unterbett von Faschinen mit Steinen verfüllt werden. Nachdem sich dieses Verfahren bei den Haffbuhnen bewährt hatte (vergl. § 40), hat Verf. es auch bei den Seebuhnen zwischen Cranz und Sarkau 1897 angewandt.

Hier waren seit 1874 Buhnen aus einfachen Pfahlreihen in 100 m Entfernung angelegt worden (§ 6). Bei denselben kamen jedoch Jahr für Jahr so erhebliche Beschädigungen namentlich durch Eis vor, dass ihre Unterhaltung ungewöhnlich hohe Kosten erforderte. Da auch die Wirkung viel zu wünschen übrig liess, so wurde eine festere Bauart gewählt. Es werden die Buhnen jetzt nach und nach, wie der Querschnitt Abb. 379 zeigt, umgebaut. Die Pfähle haben 22 bis 24 cm Durchmesser und werden mit der Steigung 1:¼ in geringen Zwischenräumen von 10 bis 15 cm Entfernung in zwei Reihen gerammt. Der Abstand der Reihen ist in den Pfahlköpfen 1 bis 1,2 m gross, nämlich 1 m an der Wurzel, 1,2 m in grösseren Tiefen und am Kopf. Die Faschinen werden kreuzweise zwischen die Pfähle gebracht, in den grösseren Tiefen werden Senkfaschinen verwendet.

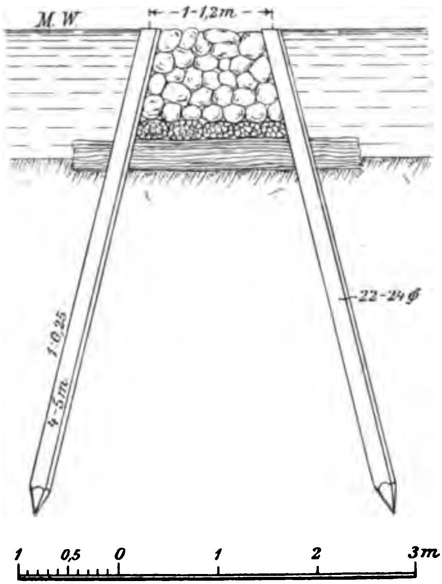


Abb. 379. Pfahlbuhnen mit Faschinen- und Steinfüllung in der Ostsee bei Cranz.

Ganz besondere Sorgfalt wird demnächst auf das Einbringen und Verpacken der Steine gerichtet. Letzteres geschieht derartig, dass möglichst geringe Zwischenräume entstehen, und die Randsteine keilförmig in die Lücken der Pfahlreihen eingreifen. Das Gefälle der Buhnen entspricht der Neigung des Strandes, in Mittelwasserhöhe bleiben sie horizontal und neigen sich nach den Köpfen um 15 cm. Die Kosten haben für das Meter durchschnittlich 40 bis 61 Mark betragen.

Die Buhnen haben sich bisher für die Erhaltung des Strandes viel vorteilhafter erwiesen als die Pfahlbuhnen. Durch diese rollt die Welle mit geringer Kraftverminderung hindurch; ein Absetzen des leicht beweglichen Sandes tritt nur in sehr geringem Maasse ein. Die



Abb. 380. Seebuhnen in der Ostsee zwischen Cranz und Sarkau. (Aufn. d. Verf. 1899.)

Pfahlbuhnen mit Faschinen- und Steinfüllung sind zwar ebenfalls durchlässig, aber sie verlangsamen die Strömung in stärkerem Maasse und führen dadurch zu einer wirkungsvolleren Aufsandung; ausserdem sind sie widerstandsfähiger gegen Wellen und Eis.

Abb. 380 giebt eine Darstellung der bisher ausgeführten Buhnen. Die Köpfe derselben sind aus längeren Pfählen dalbenartig ausgebildet, so dass sie 1 m über Mittelwasser emporragen. Es ist dies geschehen, um bei dem an der Küste lebhaft betriebenen Fischfang auf die Buhnen aufmerksam zu machen und Unglücksfälle zu verhüten.

Die Dalben werden am besten ohne Zusammenhang mit dem Buhnenkörper unmittelbar vor den Köpfen derselben geschlagen. Sie sind den Angriffen der Wellen und des Eises am meisten ausgesetzt. Die abgesonderte Stellung vor den Buhnenköpfen verhindert, dass bei etwa auftretenden Beschädigungen die Buhnen selbst und besonders ihre Steinfüllungen in Gefahr kommen.

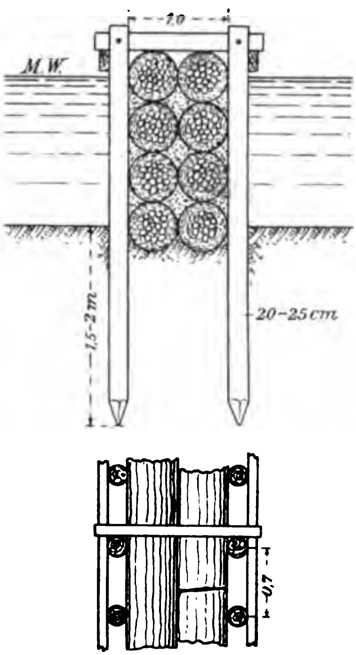


Abb. 381 u. 382. Pfahlbuhnen mit Senkfaschinen bei Warnemünde. 381: Querschnitt; 382: Grundriss.

Auch auf Zingst hatte man i. J. 1897 alte Pfahlbuhnen, welche in Abständen von 15 bis 20 cm Zwischenraum geschlagen waren, an einer Seite mit Faschinen und einer einfachen Steindecke versehen, und hierdurch eine bessere Wirkung erzielt als vorher.

§ 12.

Buhnen aus Pfählen und Senkfaschinen bei Warnemünde. Einen ähnlichen Erfolg hatte in etwas anderer Weise durch Benutzung von Senkfaschinen zwischen Pfählen der Hafenbaudirektor Kerner an den Ostseebuhnen bei Warnemünde im Jahre 1889 erreicht. Hier waren ungefähr zwanzig Jahre früher Pfahlbuhnen, bestehend aus 16 bis 20 cm starken Pfählen in möglichst dichter Reihe eingeschlagen worden. Von diesen Buhnen waren 1895 nur noch wenige Reste vorhanden. Kerner versuchte, einige Werke durch Flechtzäune wieder herzustellen, und fand, dass, solange die Flechtzäune sehr dicht waren, sie ihren Zweck, den Sand zur Strandbildung festzuhalten, erfüllten. Dies veranlasste ihn demnächst, die in Abb. 381 u. 382 dargestellte Bauweise zu wählen.

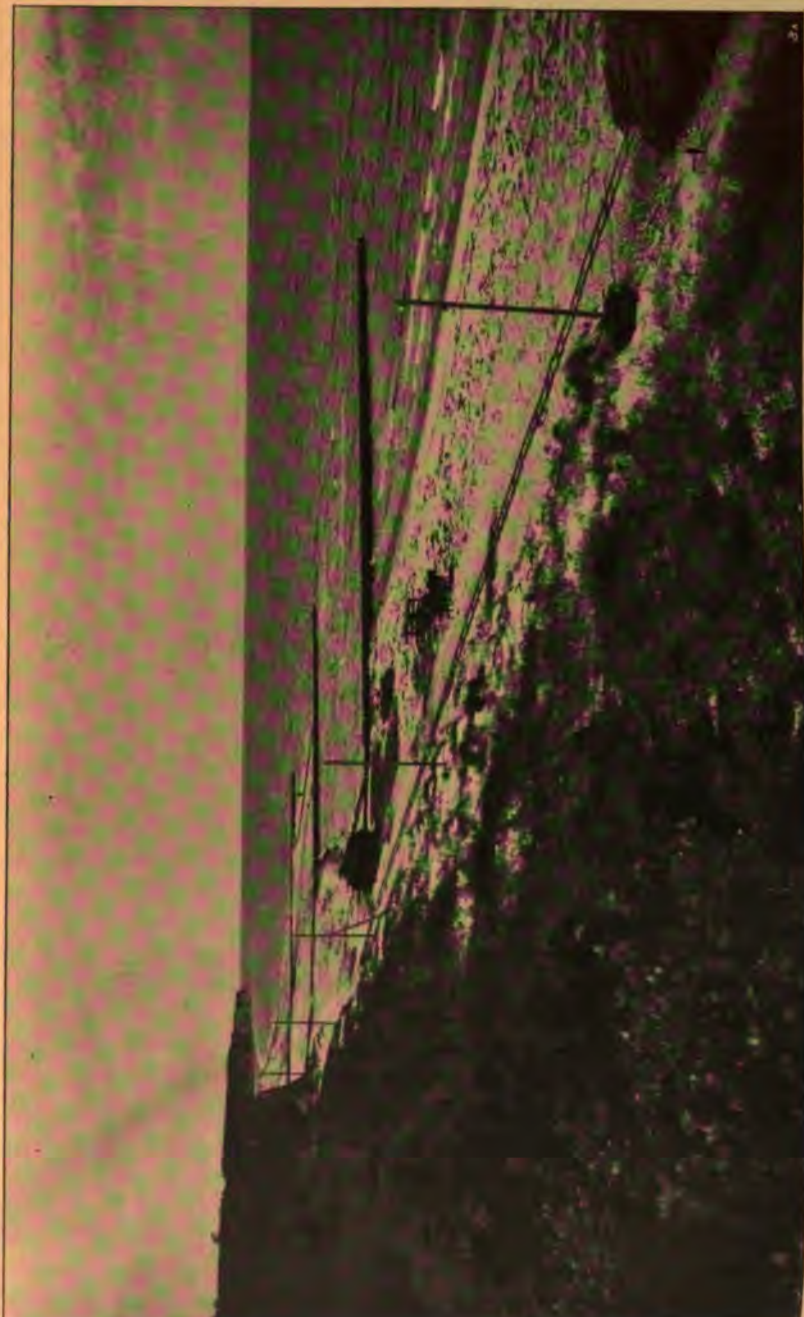


Abb. 383. Seebuhnen bei Warnemünde. (Aufnahme des Verfassers 1898.)

Die Pfähle stehen nicht geneigt wie die bei den Buhnen von Cranz, sondern lotrecht. Sie haben auch in den Reihen einen grösseren Abstand von einander, und werden ausserdem mit Zangen und Riegeln ausgerüstet. Der Abstand der Pfähle in den Reihen beträgt 0,7 m, die Entfernung der Reihen 1 m. Der Raum zwischen den beiden Pfahlreihen wird mit Senkfaschinen von 50 cm Durchmesser, deren Stösse versetzt werden, gut ausgepackt. Holzriegel, die quer über das Werk auf den Längszangen an die Pfähle genagelt werden, halten die Senkfaschinen zusammen und verhindern ihr Herauswerfen. Die Kosten betragen 47 Mark für ein Meter Buhnenlänge.

Die in den Abb. 383 u. 384 schaubildlich dargestellten Werke haben sich seit 1889 bis jetzt gut bewährt. Auch die hohe Lage über Mittelwasser hat ihnen bisher noch nicht geschadet, da an der Baustelle Eisbildung und Eisschiebungen kaum vorkommen. Abb. 383 lässt die Wirkung der Buhnen und die Verbreiterung des Strandes erkennen. Abb. 384 zeigt eine Buhne in der Bauausführung. Das Einrammen der Pfähle geschieht durch eine elektrisch betriebene Kunstramme, welcher der Strom an Telegraphenpfählen von Warnemünde zugeführt wird. Die Senkfaschinen liegen am Strande. Sie werden dort 5 m lang möglichst in genau gleicher Stärke und Länge hergestellt. Um dies auch am Ende zu erreichen, werden kurze Pflöcke aus Holzstücken hier eingebracht. Die Zahl der Faschinen nimmt mit der Wassertiefe ab. Der Anschluss an den höheren Strand wird durch eine einzige Senkfaschine vermittelt, deren Fortsetzung ein Flechtzaun bildet.

§ 13.

Buhnen aus Packwerk und Sinkstücken bei den Dünen von Helgoland und den Halligen. Buhnen aus Packwerk und Sinkstücken, und zwar hervorragend unter Anwendung von Sinkstücken, werden seit dem Jahre 1896 zum Schutz der Düne bei Helgoland ausgeführt. Diese Düne ist ungewöhnlich heftigen Angriffen der See ausgesetzt. Abb. 385 u. 386 stellen den Lageplan und Querschnitt, Abb. 6 S. 19 die Ansicht der Düne dar. In den Wintern 1894/95 und 1895/96 wurde ihre Ausdehnung fast auf die Hälfte verringert. Die Festlegung des Dünensandes war aber unerlässlich, da hiervon nicht allein der Wert Helgolands als viel besuchten Seebadeortes abhing, sondern auch die Zerstörung der Insel ein der Schiffahrt sehr gefährliches Riff hätte ererzeugen können.

Solange die Insel im englischen Besitz war, wurde für ihre Erhaltung — abgesehen von einigen misslungenen Versuchen der englischen Gouverneure und kleineren Unterhaltungsarbeiten der

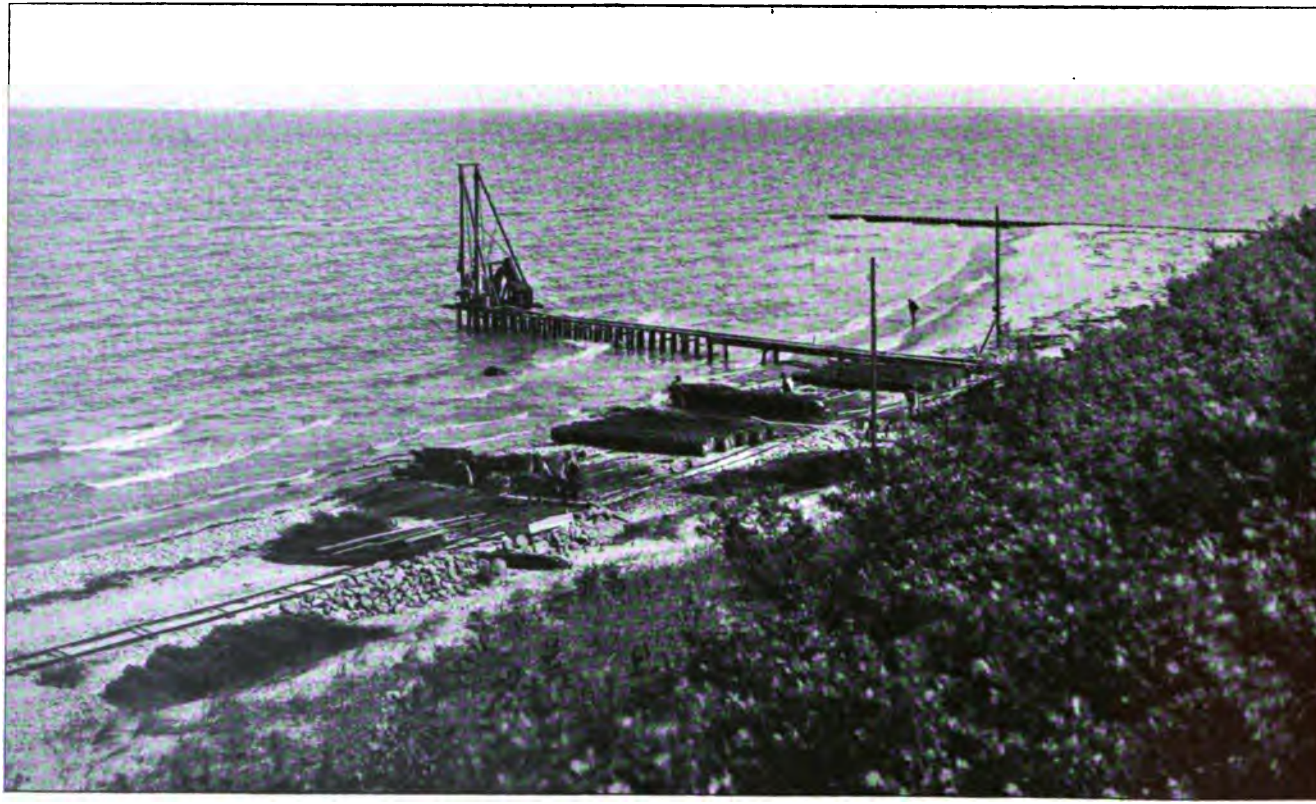


Abb. 384. Bau der Seebuhnen bei Warnemünde. (Aufn. d. Verf. 1898.)

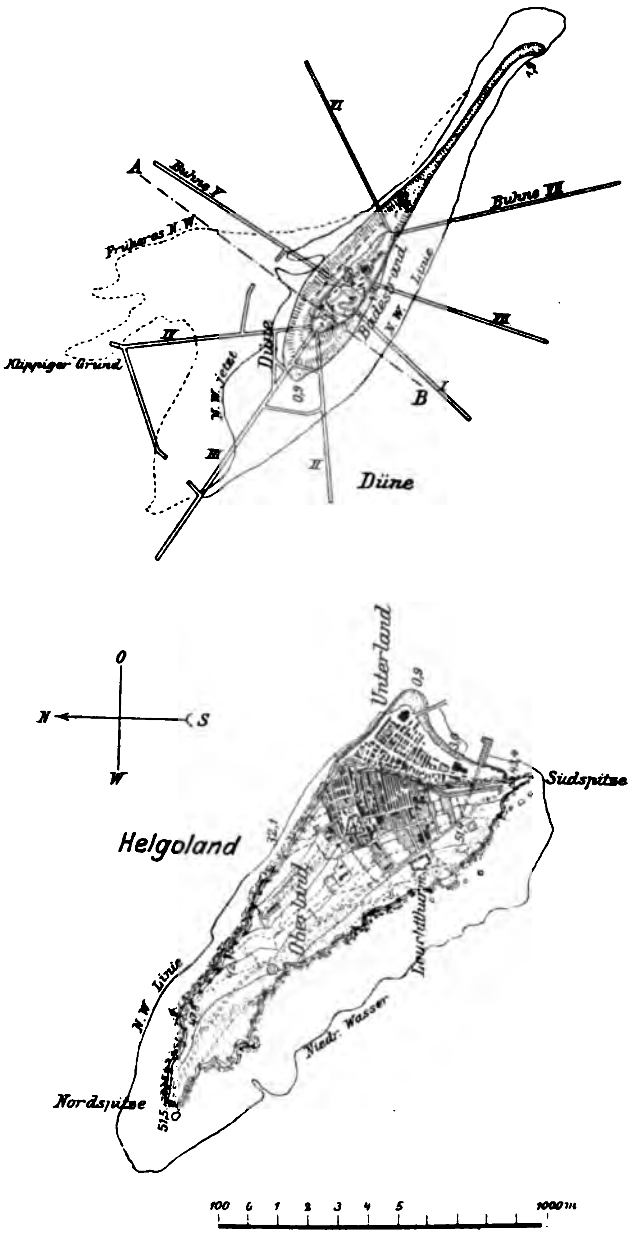


Abb. 385. Die Düne bei Helgoland.

Inselgemeinde — so gut wie nichts gethan. Erst seit der deutschen Besitzergreifung und nach den heftigen Stürmen der beiden Winter von 1894 bis 1896 wird die Festlegung des Dünensandes planmässig betrieben. Es ist von dem Oberbaudirektor Franzius in Bremen ein Entwurf ausgearbeitet worden, demzufolge (vgl. Abb. 385) ein System

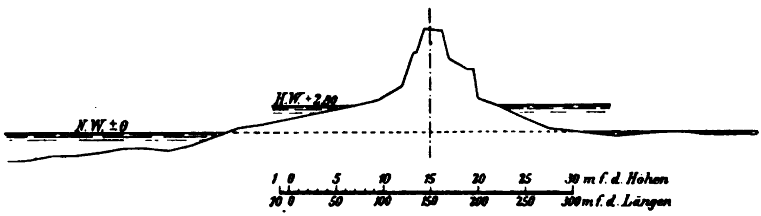


Abb. 386. Querschnitt durch die Düne bei Helgoland nach der Linie A—B in Abb. 385.

von mehreren Buhnen mit einigen Zwischenwerken strahlenförmig um die Insel gelegt wird. Sie haben wie andere Seebuhnen die Aufgabe, die in grosser Menge um die Insel sich bewegenden Geschiebe und Sandmassen festzuhalten und dadurch den nassen Strand zu verbreitern, mit der Verbreiterung des nassen Strandes aber eine Vergrösserung des trockenen Strandes, und durch den sich dann ergebenden Sandflug eine Erhöhung der Insel selbst herbeizuführen.

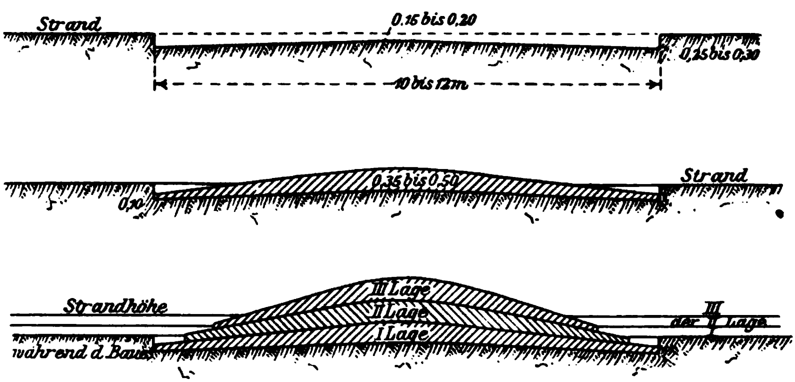


Abb. 387—389. Bau der Packwerksbuhnen bei der Düne von Helgoland.

Die Buhnen haben eine ungewöhnliche Länge; sie sind 550 bis 900 m lang und reichen zum Teil bis 5 m unter Niedrigwasser. Die über Niedrigwasser liegenden Teile werden als Packwerk, die unter Niedrigwasser liegenden im Sinkstückbau hergestellt.

Der Packwerkskörper der Hauptbuhnen wird 10 bis 12 m, derjenige der Zwischenwerke nur 4 bis 6 m breit ausgeführt. Es wird zunächst auf dem Strande ein Sandkoffer ausgehoben, dessen Tiefe in der Mitte 15 bis 20 cm, an den Seiten 25 bis 30 cm beträgt (Abb. 387). In diese Baugrube werden die Buschbunde senkrecht zur Buhnenrichtung eingelegt, und zwar so, dass sie in der Mitte eine Höhe von 35 bis 50 cm, an den Rändern von 10 cm ergeben (Abb. 388). Alsdann werden starke Drähte in der Längsrichtung der Buhne und



Abb. 390. Buhne No. III an der Düne von Helgoland.
(Nach einer Aufnahme des Hofphotographen F. Schensky in Helgoland.)

in 0,6 bis 0,7 m Entfernung über die Buschlage gespannt, und diese Drähte durch kurze Eichenpfähle, welche in 40 cm Abstand durch die Packung geschlagen werden, mittels Krampen befestigt. Die Pfähle werden an den Rändern 0,6, in der Mitte 1 m lang gewählt, ihre Köpfe ragen 0,15 m über dem Buschkörper empor. Das Ganze wird mit dem Aushubboden bedeckt. Sobald die Flut ein- oder zweimal über die Grundlage gegangen ist, hat sich diese genügend mit Sand und Geröll durchsetzt, und bildet einen festen Körper.

Je nach der Gestaltung des Strandes und seinem allmählichen Aufhöhen wird eine zweite und dritte, auch vierte Lage aufgebracht, und wie die erste befestigt. Jede Lage wird um 1 bis 2 m schmaler

als die vorangegangene angelegt (Abb. 389). An den Stellen, wo ein Freispülen der Ränder durch starke Sturmangriffe zu befürchten ist, werden die Ränder durch eine doppelte Reihe Bückingscher Erdschrauben*) befestigt. Abb. 390 giebt ein Schaubild der Buhne No. III.

Die Sinkstücke, welche die tiefen unter Niedrigwasser liegenden Teile der Buhne bilden, werden hintereinander versenkt. Sie werden durchschnittlich 40 m lang und 10 m breit hergestellt. Abb. 391 zeigt



Abb. 391. Bau eines Sinkstückes vor der Düne bei Helgoland.
(Nach einer Aufnahme des Hofphotographen F. Schensky in Helgoland.)

ein zur Zeit der Ebbe ausgeführtes nahezu vollendetes Sinkstück.

Auf die Ausführung im einzelnen kann nur andeutungsweise eingegangen werden. Die Längs- und Querdrähte, welche oberhalb und unterhalb der Buschpackung Netze von 1 m Weite bilden, werden durch Luntleinen derartig zusammengezogen, dass das Strauch auf 0,7 m Dicke gepresst wird. Das so hergestellte Sinkstück wird demnächst zum Festhalten der später aufzubringenden Belastungssteine in der Oberfläche rundum mit zwei Flechtzäunen von 0,3 m Höhe eingefasst. (s. Abb. 392.) Es schwimmt mit der Flut frei. Ein Dampfer führt es im Schlepptau

*) Centralblatt der Bauverwaltung 1898.

nach der Verwendungsstelle. Hier liegen bereits mit Steinen beladene Schiffe derart vor Anker, dass das Sinkstück zwischen ihnen einlaufen kann. Die Steinschiffe werden unter sich und mit dem Sinkstück verbunden. Dies wird wie üblich derartig gerichtet, dass zwei in seiner Mitte befestigte Stangen genau in die Verlängerung zweier Richtpfähle auf dem Lande fallen. Darauf wird das Sinkstück durch Aufwerfen der Steine möglichst gleichmässig belastet. Es sinkt unter Wasser, die Halttaue werden nach und nach gelockert; schliesslich sinkt es plötzlich abwärts auf den Grund. Der Rest der Steine wird nachgeworfen. 0,3 cbm Kohlensandsteine genügen zur Belastung eines Quadratmeters. Abb. 393 bis 395 zeigen das Sinkstück vor dem Versenken, während desselben und nach dem Versenken.

Die 1 m hohen Ränder der Sinkstücke geben bei starkem Seegange in flachen Lagen Angriffsstellen für die Wellen. Um den

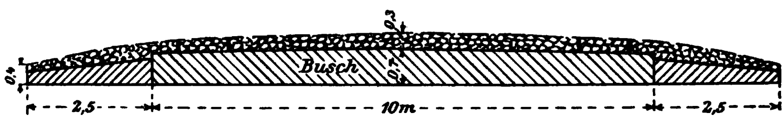


Abb. 392. Querschnitt eines Sinkstückes mit Sinkstückrampen bei der Düne von Helgoland.

hieraus sich ergebenden Uebelständen zu begegnen, werden schmale Sinkstücke von trapezförmigem Querschnitt und 2,5 m Breite längs der Hauptsinkstücke verlegt (Abb. 392).

Nach teilweiser Versandung der verlegten Sinkstücke werden diese durch eine zweite Lage von Sinkstücken von 7 m Breite und 0,5 m Stärke im Buschkörper, 0,3 m in der Belastungsschicht aufgehöht. Läuft die Sinkstückunterlage bei Niedrigwasser trocken, so erfolgt die Aufhöhung durch Packwerk.*)

Buhnenartige Seebauten aus Packwerk werden auch seit 1896 zur Befestigung der Halligen an der Westküste von Schleswig ausgeführt. Die Halligen sind Eilande im Wattenmeere südöstlich von Föhr, welche im Gegensatz zu den daselbst vorhandenen „Inseln" uneingedeicht sind. (Vgl. die Karte Abb. 370 S. 551.) Sie sind den Abspülungen durch die Tideströmungen der See ausgesetzt. Um

*) Die Verwendung von Sinkstücken und Faschinenpackwerken im Seebau nimmt mehr und mehr zu. In Holland werden zur Sicherung des unterseeischen Ufers bei Deckung desselben nach dem System der festen Punkte Sinkstücklagen mit Steinbeschüttung verwendet. Zur Ausmündung des neuen Wasserweges von Rotterdam sind zwei Buhnen aus Faschinendämmen von 2 und 2,3 km Länge hergestellt worden. (Centralbl. d. Bauverw. 1899 S. 401.)







Abb. 393—395. Versenken eines Sinkstückes bei der Düne von Helgoland.
(Aufnahmen des Hofphotographen F. Schensky in Helgoland.)
Abb. 393: vor dem Versenken; 394: während desselben und 395: nach dem Versenken.

diesen Wirkungen zu begegnen, die Halligen teils ihrer selbst willen, teils als Schutzwerke für das Festland zu erhalten, werden buhnenartige Verbindungswerke angelegt, welche die Küstenströmungen durchschneiden.

Zunächst wird die Hallig Oland nach Westen mit der Insel Langeness, nach Osten mit dem Festlande verbunden. Jenes ge-

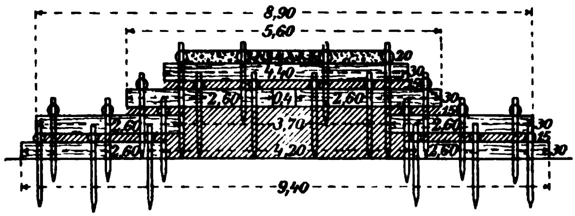


Abb. 396. Querschnitt des Buschdammes von Hallig Oland nach dem Festlande.

schieht durch einen 3,5 km, dieses durch einen 4,5 km langen Schutzdamm. Die Dämme sind in Abb. 370 angedeutet. Sie werden im Querschnitt aus Packwerk mit einem Kern aus Erdschüttung hergestellt (vergl. Abb. 396). Die Höhe und Breite der Dämme richtet sich nach der Tiefenlage des Watts. Die Kosten betragen durchschnittlich 106 M. für das Meter.

§ 14.

Buhnen aus Erdwerken mit Strohbestickung bei Ording auf Eiderstedt. Wie sehr bei Anlage der Küstenwerke auf die herrschenden Wind- und Wasserverhältnisse Rücksicht genommen werden muss, zeigen die Buhnenanlagen bei Ording auf der Halbinsel Eiderstedt an der Westküste von Schleswig-Holstein (vergl. Abb. 370 S. 551). Hier sind Buhnen aus Erdwerken von einer so leichten und wohlfeilen Bauart zur Ausführung gekommen, dass sie an der Westküste von Sylt kaum eine Tide aushalten würden. Bei Ording erfüllen sie aber ihren Zweck.

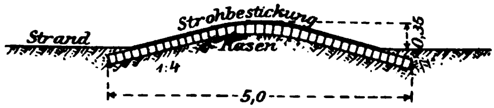


Abb. 397. Buhnen aus Wattboden mit Rasen und Strohbestickung bei Ording auf der Halbinsel Eiderstedt.

Die Buhnen hat der dritte Schleswigsche Deichverband angelegt und sorgt für deren gute Unterhaltung. Sie sind auf dem Watt in 35 cm Höhe, 5 m Breite und einem der Steigung des Geländes

entsprechenden Gefälle nach dem Querschnitt Abb. 397 nur aus Rasen und Strohbestickung hergestellt worden. Der Rasen wird 12 cm stark in dem Binnenlande gewonnen, der in der Querneigung 1 : 4 hergestellte Erdkörper damit gewölbartig abgedeckt, und demnächst die Strohbestickung aufgebracht. Der obere 50 bis 60 m lange Teil der Buhne, welcher sich an ein steinernes Uferdeckwerk anschliesst und eine Höhe über dem Watt bis 1 m erreicht, wird auf einer 15 bis 25 cm starken Unterlage von Heidekraut durch Pflaster gedeckt. Diese Unterlage von Heidekraut verrottet unter den Steinen vollständig, aber sie versandet auch.

Die beschriebene einfache Bauart hat in den meisten Fällen genügt. Nur wenn vor den Köpfen der Buhnen sich Priele, d. s. Wasserzüge, entlang ziehen, so erhalten die Köpfe einen Schutz durch Senkfaschinen und Pflaster. Buhnen, welche an besonders gefährdeten Stellen angelegt werden müssen, werden vorher mit einer Buschunterlage versehen.

Die Strohbestickung ist an den Küsten der Nordsee in Deutschland und Holland zur Befestigung der Ufer sehr gebräuchlich (vergl. F. Müller, Provinz Zeeland, S. 110). Ein fester Untergrund — Rasen oder Klai — wird mit einer dichten Matte aus Stroh, die an Ort und Stelle hergestellt wird, überzogen. Das Stroh muss gesund und hell, möglichst Weizen- oder Roggenstroh und vor allen Dingen nicht zu schwer gedroschen sein; die krummen und kurzen Stücke sind auszulesen. Die Aehren müssen vollständig frei von Körnern sein, weil diese sonst später zum Nachteil der Festigkeit der Decke von den Krähen herausgesucht werden.

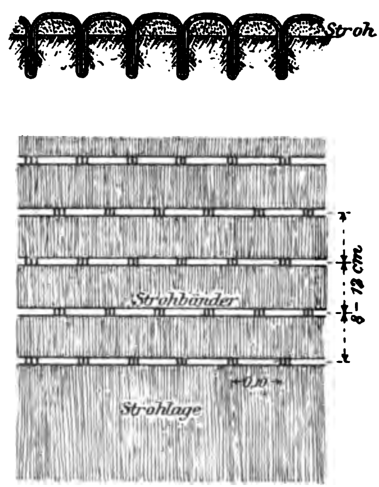


Abb. 398. Strohbestickung.
Querschnitt und Grundriss.

Das Stroh wird gleichmässig über den Rasen ausgebreitet und demnächst nach Abb. 398 durch gedrehte Strohbänder befestigt. Diese Strohbänder werden in Reihen von 8 bis 12 cm Entfernung quer über das Stroh gelegt, und in Abständen von 10 cm ungefähr 10 cm tief in den Boden eingedrückt, so dass sie von diesem festgehalten werden und dadurch das Stroh selbst auf dem Grunde befestigen. Zum Einbringen der Strohbänder dient ein kurzer Spaten, der

Bestickungsspaten (Abb. 399). Er ist 0,7 bis 0,8 m lang, besteht aus einem hölzernen und einem eisernen Teil, und endet in einer flachen gabelförmig gespaltenen Platte. Mit dieser Gabel wird das Strohband aufgenommen, das Band selbst von dem Arbeiter mit den freien Händen gedreht, und der Spaten durch das Körpergewicht eingedrückt. Dabei wird der Körper durch eine eiserne Platte, die an einem Riemen befestigt ist, geschützt.

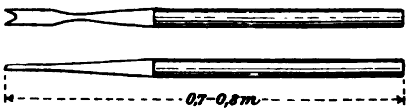


Abb. 399. Bestickungsspaten.

Die Haltbarkeit der Bestickung ist sehr gering. Zum Bestand der Buhnen bei Ording ist es nötig, sie zweimal jährlich zu erneuern. Wenn infolge der Buhnenanlage das Watt sich erhöht, so wird zur Hebung der Buhnen Wattboden bis zu 35 cm Höhe aufgebracht, und demnächst ohne Rasenauftrag sogleich die Strohbestickung darüber hergestellt. Die Bestickung kostet im Herbst 16 bis 18 Pf., im Frühjahr 12 bis 15 Pf. für das Quadratmeter einschliesslich Material.*)

C. Wasserdurchlässige Seeufer-Schutzwerke.

§ 15.

Wasserdurchlässige und wasserundurchlässige Uferschutzwerke. Uferschutzwerke im engeren Sinne sind Werke, die zur

---

*) Cases Buhnen. Seebuhnen von einer Bauart, welche den Buhnen bei Ording an Leichtigkeit wenig nachgiebt, sind nach dem Vorschlage des Ingenieurs Eduard Case 1894 bei Dymchurch westlich von Folkestone ausgeführt worden. Sie wurden jedoch nicht aus Erde, sondern aus Holz, nämlich als niedrige Bohlenwände auf dem Strande, hergestellt. Sie erhielten 130 m Länge bei 75 bis 150 m Entfernung, und bestanden aus lotrecht aufgestellten, etwa 1,8 m langen Pfählen, die in 2 m Entfernung auf dem Strande 1 m tief eingegraben und in einem Betonbett fest gestampft wurden. Die Pfähle waren aus je zwei 7 cm starken, 18 cm breiten Bohlen gebildet worden, welche durch Futterstücke in 7 cm Entfernung gehalten wurden. In die so entstandenen Nuten wurden Bohlen von gleicher Stärke teils in den Strand, teils darüber eingebettet, so dass in 43 bis 75 cm Höhe über dem Strande eine fast gleichmässige Rückenlinie sich ergab. Die Pfähle ragten über dieser Linie anfänglich hinaus. Wenn der Strand sich erhöhte, wurde durch Einschieben neuer Bohlen in die vorhandenen Nuten auch die Rückenlinie der Buhnen aufgehöht.

Derartige Buhnen sollen nach den Annales des travaux publics de Belgique, Dec. 1898, und dem Centralblatt der Bauverwaltung vom 16. Dezember 1899 S. 603 nicht nur bei Folkestone, sondern später auch an mehreren Stellen der Süd- und Ostküste Englands sowie in Irland und bei Midelkerke und Mariakerke in Belgien mit Erfolg ausgeführt worden sein. Ihre Anlage erscheint angebracht bei wenig gefährdeten Küsten an der Nordsee, wo es möglich ist, die Ebbe für die Bauzeit zu benutzen.



Abb. 400. Buhnen am Herrenbade bei Wyk auf Föhr. (Aufn. d. Verf. 1898.)

Deckung des Ufers in Richtung der Seeküste angelegt werden. Sie sind daher im Gegensatz zu den Buhnen nicht senkrecht, sondern parallel zu dem Strande gerichtet. Bei Küsten, die nur mässige Angriffe zu ertragen haben, können unter Umständen die Buhnen allein zum Uferschutz genügen. Wenn aber die Angriffe der See ein gewisses Maass überschreiten, so ist man gezwungen, einen Längsschutz durch ein Uferdeckwerk anzulegen. Abb. 400 zeigt z. B. den durch Buhnen geschützten Strand bei Wyk auf Föhr. Er hat trotz der Buhnen erhebliche Beschädigungen durch Hochwasser erlitten.

In der Ausführung der Uferschutzwerke besteht eine grosse Mannigfaltigkeit. Sie werden bald am Fuss der Düne, bald vor demselben angelegt, bald steil, bald schräg, bald ganz flach, der Böschungsneigung fast entsprechend. Nach der Bauart kann man unterscheiden: wasserdurchlässige von wasserundurchlässigen Uferdeckwerken. Jene werden immer in geringer Entfernung vor dem Ufer hergestellt. Sie sollen den Wellen bis zu einem gewissen Maasse Durchlass gewähren, so dass der mitgeführte Sand zum Absetzen kommt, und eine Versandung zwischen dem Werk und der Düne eintritt. Man pflegt solche Werke je nach der Art ihrer Ausführung als Wellenbrecher, Pfahlwerke, Parallelwerke oder Steinwälle zu bezeichnen (s. §§ 16—20).

Die undurchlässigen Uferschutzwerke werden unmittelbar mit dem Ufer verbunden. Sie sind hier in flache oder steile Uferdeckungen zu unterscheiden, je nachdem das Ufer flach abgeböscht oder steil hergestellt wird. Die flachen Uferdeckungen (§§ 21—30) sind als Befestigungen des Böschungsfusses der Vordünen anzusehen. Die Neigung kann steiler sein als die Neigung der vorderen Vordünenböschung, denn das Material, aus welchen die Uferdeckungen hergestellt werden, ist widerstandsfähiger als das Sandgras der Vordüne. Als steile Uferdeckungen werden in dem vorliegenden Werk diejenigen angesehen und in den §§ 31—36 beschrieben, welche die Neigung $1:1^1/_2$ überschreiten.

§ 16.

Pfahlreihen in der Längsrichtung des Strandes an der Ostsee. Pfahlreihen als Wellenbrecher sind mehrfach ausgeführt worden. An der Ostsee bei Cranz waren in früheren Jahren zur Verbindung der Wurzeln von Pfahlbuhnen einfache Pfahlreihen auf dem Strande geschlagen worden. Auch an zwei Stellen der Pfahlbuhnenanlagen zwischen Cranz und Sarkau hat man dasselbe gethan. Die Pfahlreihen bestanden aus 20 cm starken Pfählen, welche möglichst dicht



Abb. 401. Offene Pfahlwand zwischen Cranz und Sarkau auf der kurischen Nehrung.
(Aufnahme des Verfassers nach den Winterstürmen 1898/99.)

gerammt wurden und ungefähr 1,5 bis 2 m über dem Mittelwasser der Ostsee hervorragten. Wie wenig diese Reihen Erfolg haben, zeigt Abb. 401, in welcher die nördlichste Pfahlreihe zwischen Cranz und Sarkau nach einer an Stürmen reichen Zeit dargestellt wird. Die Wellen haben die Vordünen beseitigt, die Pfähle niedergedrückt und den dahinterliegenden Diluvialboden angegriffen.

In erheblich günstigerer Weise hat eine ähnliche aber doppelt gestellte Pfahlreihe bei Wustrow in Mecklenburg gewirkt (s. Abb. 360 S. 401). Diese Reihe verbindet die Wurzeln von doppelten Pfahlbuhnen und besteht wie diese aus Pfählen, die dicht im Versatz geschlagen sind. Hinter der Pfahlreihe sind zur Verhütung von Ausspülungen des Geländes Querreihen angebracht. Die Ursache der günstigen Wirkung dieser Pfahlreihe im Gegensatz zu der bei Cranz ist darin zu suchen, dass das abstürzende hohe Ufer viel Verfüllungsmaterial liefert, und ferner darin, dass der Strand sehr viel Steine mittlerer Grösse auswirft. Die Steine werden in den Lücken der Pfahlwände zurückgehalten, verdichten dieselben und ermöglichen damit das Zurückhalten auch der feineren Bodenteile wie Sand und Lehm.

§ 17.

Pfahlreihen als Wellenbrecher an der Nordsee. Auch an der Nordsee hat man einfache Pfahlreihen als Wellenbrecher in der Längsrichtung des Strandes ausgeführt. Sie unterscheiden sich von denen an der Ostsee dadurch, dass jene auf einem festen Fundament aus Steinen ruhen, während diese ohne weitere Befestigung in den Boden gerammt sind.

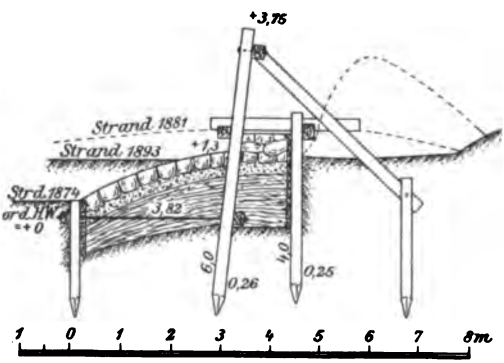


Abb. 402. Pfahlreihe als Wellenbrecher auf Norderney von 1874.

Zuerst wurde auf Norderney im Jahre 1874 eine solche Pfählreihe als Wellenbrecher ausgeführt. Sie bestand aus einer durchsichtigen Pfahlwand, deren Pfähle 6 m lang waren und mit 5 cm Zwischenraum im Boden standen (vergl. Abb. 402). Der Strand wurde in der Pfahlreihe auf 5 m Breite durch Faschinenpackung mit Betonschotter und Pflaster gegen Ausspülung gesichert. Die Pfähle wurden durch Gurthölzer und Bolzen zu einer Wand verbunden, und durch Zangen und Streben



Abb. 403. Strandschutzwerk und Pfahlwerk auf Spiekeroog. (Aufn. d. Verf. 1898.)

gegen eine zweite Pfahlwand sowie ausserdem gegen Grundpfähle abgesteift. Die mittlere Pfahlwand war durch Bretterverkleidung gedichtet worden. Vor ihr wurde der Strand durch eine 3,82 m breite Faschinenpackung mit Pflasterdecke gesichert.

Die Wirkung des Werkes trat in ruhigen Zeiten ein. Dann bildete sich hinter dem Pfahlwerk ein Sandwall (vgl. die punktierte Linie in Abb. 402). Dieser Sandwall wurde jedoch von höheren Fluten wieder durch die Pfahlreihe zurückgeschlagen. Man suchte daher die Ansandung vorher nützlich zu verwerten, indem man bei Seewinden den Sand hoch aufwerfen liess, so dass er, vom Winde

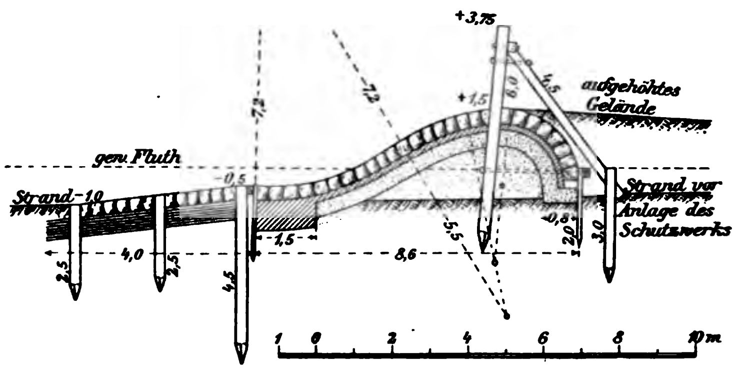


Abb. 404. Pfahlreihe als Wellenbrecher mit Vorlage auf Baltrum.

binnenwärts getrieben, auf den bepflanzten Dünen festgehalten wurde und zu deren Aufhöhung beitrug.

Im Jahre 1894 wurden die Pfahlreihen durch eine Hochflut zerstört. Zwei grosse Lücken von 65 und 69 m Länge wurden gebrochen (Zeitschr. f. Bauw. 1896, S. 273). Jetzt ist das Pfahlwerk durch eine flache Uferdeckmauer ersetzt worden.

Auch auf Borkum hat man 1874 ein ähnliches Werk aufgeführt. Seine Pfähle waren jedoch abwechselnd 4 und 6 m lang gewählt, so dass bei gleicher Rammtiefe in der Pfahlreihe Lücken von 2 m Höhe und der Weite einer Pfahldicke entstanden. Das Werk hatte keinen Erfolg. Es wurde 1881 ganz beseitigt und durch eine Mauer ersetzt (Zeitschr. f. Bauw. 1882, S. 31).

Auf Spiekeroog wurde 1878 ein Pfahlwerk errichtet, das noch heute besteht. In Abb. 403 ist es an der rechten Seite des Bildes ersichtlich. Der Steindamm, der das Fundament des Werkes bildet, besteht aus einem Bruchsteinpflaster, das von zwei Spundwänden eingefasst wird, und in Beton oder auf einer Unterlage von

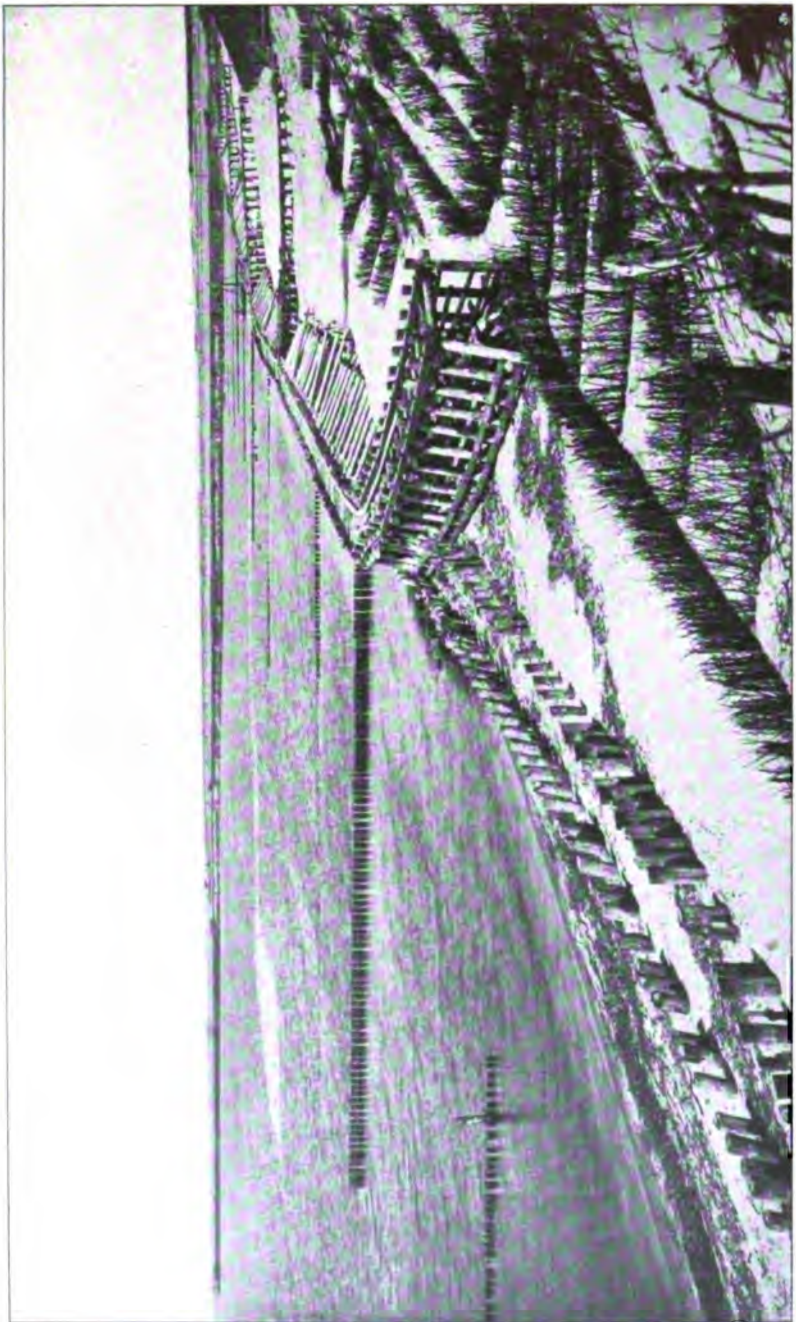


Abb. 405. Pfahlbuhnen und Uferdeckwerk an der Südermole bei Pillau. (Aufn. d. Verf. 1898.)

Kalksand ruht. An den sehr tief liegenden Stellen des Strandes ist der Fuss durch eine Buschlage mit Steinbelastung als Sturzbett geschützt. Der Steindamm reicht bis 1,5 m über gewöhnliches Hochwasser; er schützt daher das Ufer gegen die gewöhnlichen Fluten: das Pfahlwerk kommt nur bei Sturmfluten zum Schutz des dahinterliegenden Dünengeländes zur Geltung.

Auf Baltrum wurde eine ähnliche Pfahlschutzwand 1883 ausgeführt. Die Pfähle waren so dicht als möglich aufgestellt worden. Der Hauptteil hatte, wie das Werk auf Spiekeroog, eine wellenförmige Rückenausbildung erhalten, die aus einer 40 cm starken Unterbettung von Cementsand im Mischungsverhältnis 1:10, einer 20 cm starken Betonschicht — Mischung 1:4 — und einem 25—30 cm starken Quaderpflaster, dessen Fugen mit Cement vergossen wurden, bestand.

Schon bald nach der Vollendung erlitt das Werk durch Sturmfluten so erhebliche Beschädigungen, dass im Jahre 1884 bei Fortsetzung der Arbeiten die Zwischenräume der Pfähle 8 bis 10 cm weit genommen wurden, um den Anprall der Wellen zu mildern und den Sand durchzulassen. Aber auch in diesem Zustande befriedigte das Werk nicht. Das Pflaster erhielt Risse und Sackungen, wurde zum Teil herausgeschlagen, die vordere Spundwand wich aus, metertiefe Kolke bildeten sich vor ihr. Man war gezwungen, eine 2,5 bis 4 m breite Vorlage von Faschinen und Steinen anzubringen, wodurch das Fundament des Pfahlschutzwerkes auf 11 bis 12,6 m verbreitert wurde. Ausserdem hielt man es für geboten, das Gelände hinter dem Pfahlwerk bis zur Kronenhöhe der Fundamentmauer zu erhöhen. Den auf diese Weise sich ergebenden Querschnitt des Werkes stellt Abb. 404 dar. Durch die Vorlage waren die Kosten des Pfahlwerkes so bedeutend geworden, dass sie von 275 Mark anfänglicher Ausgaben auf 408 Mark für das Meter zunahmen (Zeitschr. f. Bauw. 1895, Seite 400).

Die hohen Kosten und die Vergänglichkeit des Holzes lassen den Nutzen derartiger Pfahlwerke als Wellenbrecher zweifelhaft erscheinen.

§ 18.

Parallelwerke aus Pfählen mit Busch- und Steinfüllung an der Ostsee. An der Ostsee war zuerst in Pillau die dort übliche Bauweise mit schräg gestellten Pfahlreihen, zwischen denen auf Buschunterlagen Steine verpackt werden, auch für ein Parallelwerk zum Dünenschutz in Anwendung gekommen. Abb. 405 zeigt das an der Wurzel der Südermole von Pillau auf der frischen Nehrung noch heut vorhandene Längswerk mit den anschliessenden Pfahlbuhnen. Das Werk hat eine gute Wirkung.

Einen noch günstigeren Erfolg hat ein ähnliches Werk gehabt, welches zum Schutz der Strandpromenade des Seebades Cranz 1891 errichtet wurde. Es hat den in Abb. 406 mitgeteilten Querschnitt. Die dritte Pfahlreihe, welche nicht wie die beiden Hauptreihen mit engen Zwischenräumen, sondern mit 2 m grossen Abständen zwischen den Pfählen geschlagen wurde, hat nur den Zweck, die Oberfläche des Werkes für die Benutzung als Promenadenweg zu verbreitern. Wie sehr das Werk Erfolg gehabt hat, wie der von den ankommenden Wellen mitgeführte Sand durch die geringen Zwischenräume der dicht

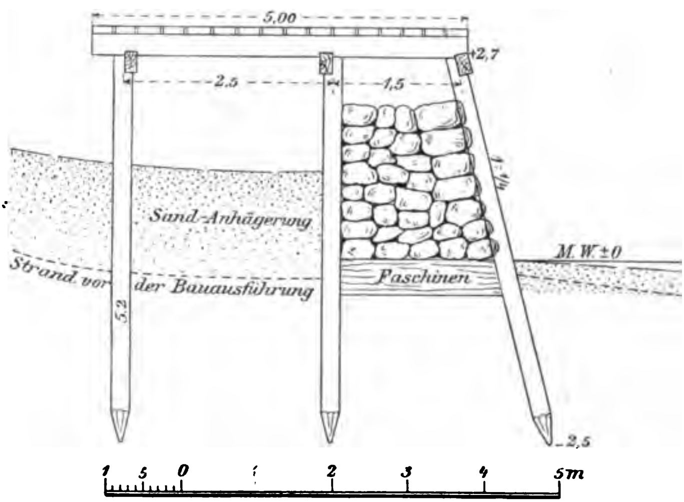


Abb. 406. Parallelwerk aus Pfählen mit Faschinen- und Steinfüllung in Cranz.

verpackten Steine und die daraus sich ergebende Verlangsamung der Rückströmung zurückgehalten worden ist, zeigt die im Querschnitt dargestellte Sandanhägerung. Sie hat trotz aller Stürme, welche auf das Werk wüteten, noch nicht abgenommen, sondern nimmt von Jahr zu Jahr zu. Das Werk hat 83 Mark auf das Meter gekostet.

Auch an den Ufern des frischen und kurischen Haffs wird dieselbe Bauweise angewendet. So ist z. B. bei Follenberg am frischen Haff ein solches Schutzwerk angelegt. Auch vor dem Nehrungsdorf Nidden am kurischen Haff befindet sich im Anschluss an den Hafendamm ein ähnliches Werk. Abb. 407 zeigt es während der Bauausführung im Jahre 1898.

Die Beständigkeit und der gute Erfolg dieser Anlagen ist, wie bei den in § 11 beschriebenen Pfahlbuhnen mit Faschinen- und Stein-

füllung, dadurch zu erklären, dass die andrängenden Wogen keinen festen Widerstand finden, sondern zwischen den Steinen langsam zur Ruhe kommen können. Die Haltbarkeit der Werke hat durch diesen Umstand gegenüber festen Anlagen gewonnen. Die Beruhigung des Wassers in dem mit Steinen und Buschpackung ausgefülltem Werk ist erheblich grösser als in der einfachen Pfahlreihe mit ihren mehr oder weniger grossen Zwischenräumen. Wenn auch die ankommende Welle Kraft genug hat, um den Weg durch das Werk so schnell zurückzulegen, dass der im Wasser aufgeschwemmte Sand mitgeführt wird, so findet doch das rückfliessende Wasser so viel Hindernisse in den engen Fugen zwischen den Steinen, dass es den Rückweg nur mit sehr geringer Geschwindigkeit zurücklegen kann. Es kommt daher auch der leichte Sand zum Absetzen, welcher bei offenen Pfahlreihen von dem mit zunehmender Geschwindigkeit zurückfliessenden Wasser ohne Aufenthalt wieder nach der See abgeführt wird.

Das bei Wustrow an der Ostsee ausgeführte Pfahlwerk aus doppelten im Versatz gestellten Reihen (s. § 16 u. Abb. 360 S. 545) hat dadurch Erfolg, dass an der steinigen Küste bei Sturmfluten eine Menge von grösseren und kleineren Steinen hinter das Pfahlwerk geworfen wird. Diese üben hier dieselbe Wirkung aus, wie die dichte Packung von grösseren Steinen in den Parallelwerken an der Ostsee von Cranz und der Südermole von Pillau. An Küsten mit steinigem Strande würden daher Pfahlreihen nach dem Wustrower Muster am Platze sein. An sandigen Küsten dagegen kann nur ein Pfahlwerk mit Steinfüllung zwischen den Pfahlreihen nach dem Querschnitt Abb. 406 empfohlen werden.

Die Steine müssen so gross und schwer sein, dass sie den Wellen widerstehen und nicht durch die Lücken der Pfahlwände fallen können. Besondere Sorgfalt ist auf ihre dichte Verpachtung zu richten, damit die Zwischenräume so eng wie möglich werden.

§ 19.

Steinwälle. An vielen Stellen der Ostsee hat es genügt, Dämme nur aus Steinen ohne Pfahlwände längs des Strandes herzustellen. Dies ist besonders da geschehen, wo Steine in genügender Menge vorhanden waren, vorzugsweise also an denjenigen Uferstrecken, die in den unteren Lagen aus dem mit zahlreichen erratischen Blöcken durchsetzten Diluvium bestehen. Solche Steinwälle sind, soweit Verf. hat ermitteln können, an folgenden Stellen der Ostseeküste vorhanden: — es werden hierbei der Vollständigkeit wegen auch die Stellen angeführt, an denen die Wälle nicht gerade vor Dünen liegen — bei Brüsterort an der Samländischen Küste, bei Neufahrwasser, bei



Abb. 407. Uferdeckwerk am Hafen in Nidden. (Aufnahme des Verfassers während der Bauausführung 1898.)

Oxhöft in der Putziger Wiek, bei Rixhöft an der Wurzel der Halbinsel Hela, bei Rügenwaldermünde, am Ruden und an der Greifswalder Oie, den beiden im Rügenschen Bodden belegenen Inseln, endlich bei Sassnitz auf Rügen.

Bei Brüsterort, der nordwestlichen Ecke des zwischen dem frischen und kurischen Haff befindlichen Samlandes, dient der Steinwall hauptsächlich zum Schutz des Leuchtturms. Das hohe Ufer, auf dem dieser steht, und die vor dem Ufer sich bildende Düne wird durch den Wall gesichert. Er ist nach dem Querschnitt Abb. 408 im Jahre 1888 begonnen, und nach und nach längs der Küste ver-

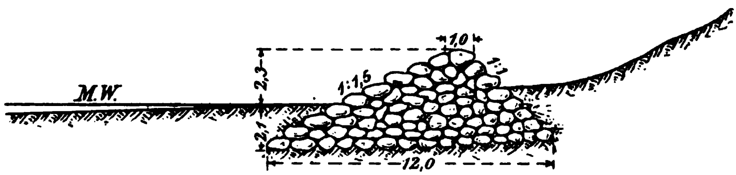


Abb. 408. Steinwall bei Brüsterort.

längert worden. Die Steinblöcke sind sehr gross. An der äusseren Böschung und für die Krone wurden die grössten verfügbaren Blöcke verwendet. Dieselben haben Abmessungen bis 1,5 m Länge bei 0,6 bis 0,8 m Dicke und 1 bis 1,2 m Breite. Die Aussenböschung wurde im Verhältnis 1 : 1,5 angelegt, die Innenböschung nach 1 : 1. Eine besondere Fundierung geschah nicht. Die Steine wurden nach Abräumung des Küstensandes ohne Einfassung durch Spundwände oder Pfähle auf die ungefähr 1,5 bis 2,1 m unter Mittelwasser befindliche blaue Diluvialschicht gebettet. Die Krone reicht 2,3 m über Mittelwasser. Kurze niedrige Quermauern wurden da, wo eine Hinterspülung befürchtet werden musste, hinter dem Steinwall angebracht.

Die Steinmauer hat sich im allgemeinen gut bewährt. Die schweren Blöcke der Aussenböschung und Krone haben dem Andrang der Wogen ziemlich gut widerstanden. Nur den ungewöhnlich heftigen Stürmen vom 5. und 6. Dezember 1899 vermochten die Steine trotz ihrer Grösse nicht stand zu halten. Die schweren Kronensteine wurden auf einer kurzen Strecke abgeschoben, sodass sie auf der inneren Böschung abrollten. Die Steine der äusseren Böschung folgten zum Teil nach, und ein Stück der Mauer legte sich flach auf den Strand nieder. Abgesehen von diesem ungewöhnlichen Vorkommnis hatte sich der Steinwall jahrelang sehr gut gehalten.

Aut einer kurzen Strecke waren allerdings früher einmal Versackungen der Krone eingetreten, die jedoch unbedeutend waren und

unschädlich blieben. Sie hatten eine eigentümliche Ursache. Sie rührten nämlich nicht durch Einwirkungen der See von aussen her, denn die Aussenböschung war auch hier unbeschädigt geblieben, sondern sie waren entstanden durch ein Ausweichen der Innenböschung. Es war an dieser Stelle vor Jahren ausnahmsweise der Versuch gemacht worden, die Steine nicht sorgfältig verpacken, sondern sie nur locker hinwerfen zu lassen. Die Folge war, dass die Zwischenräume zwischen den Steinen an dieser Stelle zu gross und weit wurden. Sie waren nicht eng genug, um die Gewalt der See in dem Maasse zu brechen, dass die Rückströmung nahezu aufgehoben wurde. Die Schwellung drang mit grosser Geschwindigkeit durch die Mauer, konnte mit wenig verminderter Gewalt auch zurückfliessen. Der von der vordringenden See mitgeführte Sand wurde nicht allein nicht zurückgehalten, sondern die vordringende Welle wühlte sogar den Sand hinter dem Steindamm auf, und die rücklaufende Welle war stark genug, ihn durch die Fugen der Steine hindurch nach der See hin abzuschwemmen. So verlor die innere Böschung ihren Stützpunkt am Fuss, und stürzte ein. An den unmittelbar neben dieser Stelle befindlichen sorgfältig verpackten Teilen des Steinwalles hatte sich dieser Uebelstand nicht gezeigt.

Etwas Ähnliches war auch vor einigen Jahren bei einem Steindamm in der Nähe von Neufahrwasser aufgetreten. Der 2,5 m über Mittelwasser hohe Damm bestand aus lose geworfenen Steinen. Es war daher auch hier die Schwellung, welche durch die Zwischenräume der Steine dringen konnte, und besonders die rückfliessende Strömung zu stark für den aus Dünensand bestehenden Boden hinter dem Wall. Der Boden wurde mehr und mehr ausgespült. Es wurde darauf der in flacher Böschung hinter dem Wall ansteigende Dünensand mit einer lockeren Schüttung von Steinen in Kinderkopfgrösse bedeckt. Dies Verfahren hatte Erfolg. Die Steine genügten, um den Sand vor weiteren Auswaschungen zu schützen.

Aus Vorstehendem ergiebt sich, dass bei Anlage von Steinwällen es nicht allein nötig ist, möglichst schwere Steine zu verwenden, sondern sie auch gut zu verpacken, so dass jeder Stein ein festes Lager erhält, und die Zwischenräume so klein wie möglich werden.

Ein kräftiges, den Angriffen der See angemessenes Profil mit breiter, tiefgeführter Basis und flachen Böschungen ist ausserdem erforderlich, wenn das Werk befriedigen und Bestand haben soll. Ein bei Sassnitz auf Rügen zu leicht ausgeführter Steinwall wurde 1898 von den Sturmfluten fortgespült.

Bei dem Uferdeckwerk von Rügenwaldermünde, dem sogen. Sicherheitsdamm, sind im Jahre 1883 Betonblöcke von 2,2 m Länge,

1,5 m Breite und 1 m Höhe mit gutem Erfolg zur Bedeckung verwendet worden.

§ 20.

Steinwälle auf Faschinenunterlage. Bei gutem, festen Untergrunde, welcher von der See nur schwer ausgewaschen wird, kann eine besondere Fundierung für die Steinmauer entbehrt werden. Die Mauer bildet selbst ihr Fundament; es ist nur erforderlich, ihre Basis tief genug auf dem festen Untergrunde beginnen zu lassen, wie in Brüsterort geschehen. Wo aber der Untergrund nicht fest ist, wo durch Auswaschungen oder ähnliche Veränderungen ein Verwerfen der Mauer zu befürchten ist, muss für eine gute Fundierung gesorgt werden.

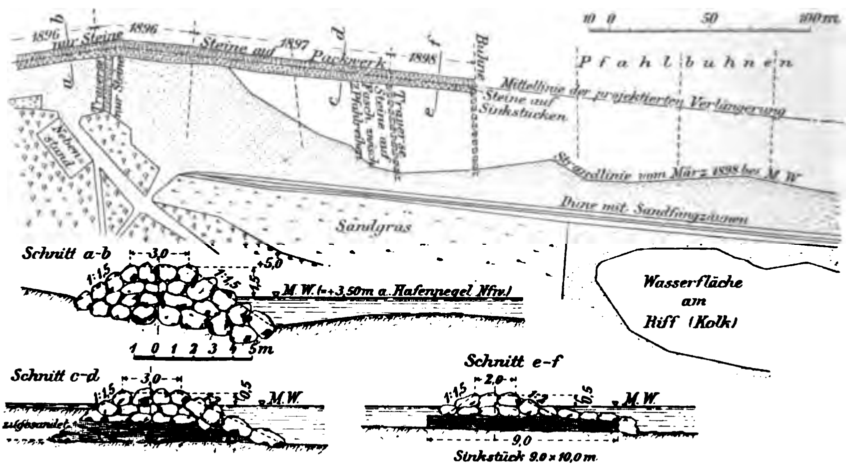


Abb. 409. Steinwall vor den Dünen der Westerplatte bei Neufahrwasser. Lageplan und drei Querschnitte.

So wird das aus einem Steinwall bestehende Uferdeckwerk bei Neufahrwasser nach Abb. 409 ausgeführt. Es dient zum Schutz der Düne, nachdem sich herausgestellt hatte, dass früher angebrachte Pfahlbuhnen diesen Zweck nicht erfüllen konnten.

Der Steindamm war bis zum Jahre 1896 nach dem Querschnitt a-b Abb. 409 nur aus Steinen mit 1,5fachen Böschungen und 3 m breiter Krone angelegt worden. Bei der Ausführung im Jahre 1897 erhielt er eine Unterlage von Packwerk nach dem Querschnitt c-d. Im Jahre 1898 wurde die Packwerksunterlage durch eine solche von Sinkstücken, entsprechend dem Querschnitt e-f, ersetzt.

Die Sinkstücke wurden in 10 m Länge und 9 m Breite ausgeführt, so dass sie um 3 m vor dem Fuss des Steinwalles nach der

Seeseite hervortraten. Die Gründung auf Sinkstücken wurde der Fundierung durch Packwerk vorgezogen. Mit Recht; denn sie hatte den Vorteil, dass für die Herrichtung des Fundaments nur wenige Tage mit ruhigem Wasser nötig waren, da die Sinkstücke mit Musse in dem benachbarten Hafen hergestellt werden konnten. Bei der Fundierung durch Packwerk wäre eine viel grössere Zahl ruhiger Tage erforderlich gewesen. An der See sind aber die ruhigen Tage, welche sich für die Ausführung von Wasserbauten eignen, gezählt. Es ist daher durch die Verwendung von Sinkstücken die Arbeit erleichtert und überdies eine bessere, gleichmässigere Lage des Buschkörpers erreicht worden, als bei der Anwendung des Packwerkes möglich gewesen wäre. Die zur Verfügung stehenden Dampfer erleichterten das Verlegen der Sinkstücke.

Auch der Steindamm bei Rixhöft ist auf einer Faschinenunterlage gegründet.

D. Flachliegende Uferschutzwerke.

§ 21.

Flache Uferdeckungen mit Strohbestickuug. Das im § 14 S. 571 zur Herstellung der Buhnen bei Ording beschriebene Verfahren durch Strohbestickung findet an den Ufern des Festlandes der deutschen Nordseeküste noch heut vielfach Anwendung. Auf den Sandböschungen der Dünen fehlt die feste Schicht aus Rasen oder Klai, in der die Strohbänder Halt finden könnten. Es ist daher nötig, die Böschung zunächst mit einem solchen Auftrag zu versehen. Auf diese Weise waren früher manche Dünenstrecken an der Nordsee geschützt worden. Die Dünen auf der Insel Wangeroog z. B., deren Schicksal im § 2 S. 534 geschildert worden ist, versuchte man früher in dieser Weise zu befestigen. Da aber das Verfahren kostspielig ist, die Strohbestickung wenig Haltbarkeit besitzt, so ist diese alte Befestigungsart jetzt für Dünen ganz ausser Gebrauch gekommen. An der Ostsee war sie nie üblich gewesen.

Es wird gegenwärtig die Strohbestickung an den Nordseeinseln nur noch als Unterlage zur Aufbringung einer festeren Decke benutzt. (s. §§ 22 u. 26.)*)

*) In Holland dagegen findet die Strohbestickung zum Schutz des Dünenfusses noch jetst Anwendung. Die nach der Neigung 1 : 3 abgeböschte Düne erhält eine Klaibedeckung mit Strohbestickung, darüber gewöhnliches Ziegelpflaster und ein schweres Pflaster von Basalt oder Bruchsteinen (Müller, Provinz Zeeland, Seite 145.)

§ 22.

Flache Uferdeckung durch Faschinenpackwerk. Stackwerke. Eine Dünendeckung durch Packwerk war in den Jahren 1815 bis 1824 bei dem Feuerturm von Wangeroog versucht worden (vgl. § 2 S. 536). Die Sturmflut vom 3. Februar 1825 vereitelte das Bemühen. Später, im Jahre 1866, hat man den grossen Kirchturm auf Wangeroog durch ein kreisförmig ausgeführtes Packwerk lange Zeit mit Erfolg geschützt (s. S. 537). Das Verfahren ist in der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover 1867, S. 175 und 177 beschrieben und durch Zeichnungen erläutert worden. Man suchte „das vergängliche Buschwerk lückenlos zu erhalten, und es stets bis zur Ebene des Strandes hinab zu führen, sobald eine Erniedrigung eintrat". Die Fäulnis jedoch, der das über dem Wasser liegende Packwerk ausgesetzt ist, hat von weiteren Anwendungen zurückgehalten.

Auf der Insel Norderney hat man in den Jahren 1863 bis 1867 einen Teil der westlichen Düne auf 500 m Länge durch sogenannte

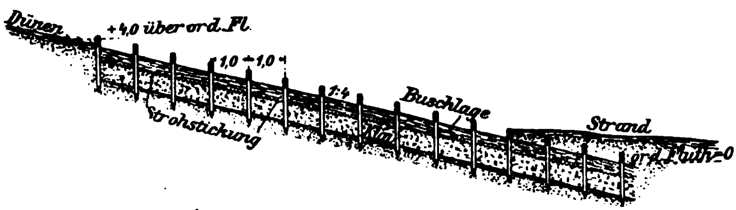


Abb. 410. Stackwerk auf Norderney.

Stackwerke gedeckt (Zeitschrift für Bauw. 1882, S. 529). Es wurde die äussere Böschung der Düne nach Abb. 410 in der Neigung 1 : 4 abgeglichen, und von der Höhe der gewöhnlichen Flut ab bis auf 4 m darüber mit einer 0,5 m starken Klaischicht bedeckt, die tüchtig gestampft wurde. Auf diese kam zunächst eine Strohbestickung und darüber eine 0,3 m starke Buschlage, die durch Flechtzäune befestigt wurde.

Eine auf der Insel Baltrum in ähnlicher Weise 1873 ausgeführte Decke aus Faschinenpackwerk hatte sich nicht bewährt. Sie wurde durch die Sturmflut vom 16. Dezember 1873 vollständig zerstört. An derselben Stelle wurde 1874 ein halbmassives Uferdeckwerk errichtet.

So ergiebt sich, dass die Stackwerke sich ebensowenig wie die Packwerke für Uferdeckungen oberhalb des mittleren Wasserspiegels eignen.

§ 23.

Flache Uferdeckung durch Steinschüttung. Wie nach § 19 S. 585 bei Neufahrwasser ein Steinbewurf von Kinderkopfgrösse im

stande war, das Auswaschen das Dünensandes hinter dem Steinwall zu verhindern, so kann man auch die Küste selbst durch einen gewöhnlichen Steinbewurf decken, wenn sie durch Winde und Wellen nicht zu sehr gefährdet ist.

Der Strand bei Sorgenau an der Samländischen Küste z. B. ist durch einen Steinbewurf von 4 bis 8 m Breite, der in der Neigung



Abb. 411. Stranddeckung durch Steinbewurf bei Sorgenau.

1 : 5 in der Linie des Wellenschlages höherer Wasserstände aufgebracht ist, nach den dort vorliegenden Verhältnissen hinlänglich geschützt (vergl. Abb. 411). In den tieferen Lagen hat der Strand keine besondere Befestigung erhalten, da er durch eine grosse Zahl von Findlingen, die dicht neben- und übereinander liegen — viel dichter, als in der Zeichnung angegeben — und deren Stärke nach der Tiefe zunimmt, gesichert ist.

§ 24.

Uferdeckung durch belastete Schiffe. Eine Stranddeckung eigener Art durch belastete Schiffe hatte die Bernsteinfirma Stantien u. Becker an der Samländischen Küste bei Palmnicken im Jahre 1891 ausgeführt. Die Schiffe waren Baggerprähme von 7,5 bis 9 m Länge und 2,5 bis 3 m Breite (vergl. Abb. 412). Sie wurden am Fuss der

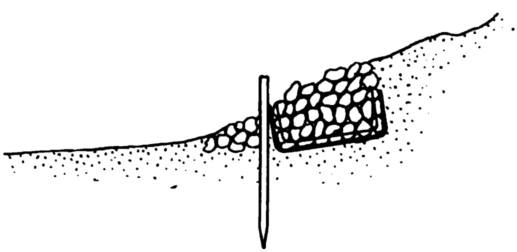


Abb. 412. Uferdeckung durch belastete Schiffe bei Palmnicken.

Vordüne auf den Strand gesetzt, hier durch je zwei eingerammte Pfähle gehalten und mit Steinen gefüllt. Auch eine geringe Steinschüttung wurde vor die Prähme gebracht. Die Schiffe sind jetzt vollständig eingesandet, das Holz ist zwar verrottet, aber die Steine sind

durch den eingeschwemmten Sand so fest verkittet, dass ein befriedigender Küstenschutz erreicht ist.

§ 25.

Flache Böschungspflaster aus Bruchsteinen. Eine Uferdeckung durch flaches Böschungspflaster ist nach Abb. 413 an dem Seestrande neben der Westmoole bei Neufahrwasser ausgeführt

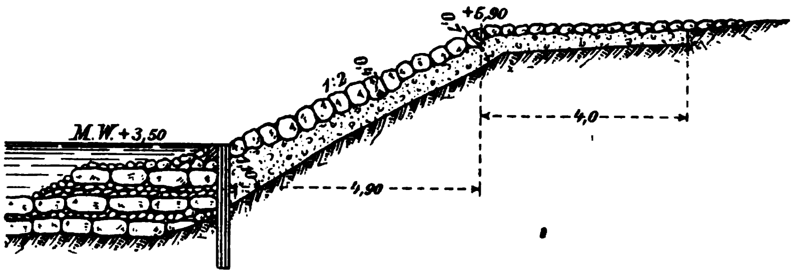


Abb. 413. Böschungspflaster am Ostseestrande bei Neufahrwasser.

worden und hat sich dort sehr gut bewährt. Sie besteht aus einem Pflaster, das mit der Neigung 1 : 2 auf einem Betonbett von durchschnittlich 0,5 m Stärke verlegt ist. Die Dicke des Betons nimmt nach oben um 0,2 m ab und nach unten um 0,2 m zu, so dass die Stärke des Pflasters einschliesslich Betonbett oben 0,7, unten 1,1 m beträgt.

Der Fuss des Pflasters stützt sich in Mittelwasserhöhe gegen eine Spundwand, und diese wird an der Aussenseite durch Lagen von Senkfaschinen, die mit Steinen bedeckt sind, geschützt. Bei Ausführung der Pflasterung wurde besonders darauf geachtet, dass durch hochkantiges Versetzen hoher und spitzer Steine der Böschung eine möglichst rauhe Oberfläche gegeben wurde. (Stachelpflaster), damit die Kraft der Wellen wirksam gebrochen werde (vgl. § 32).

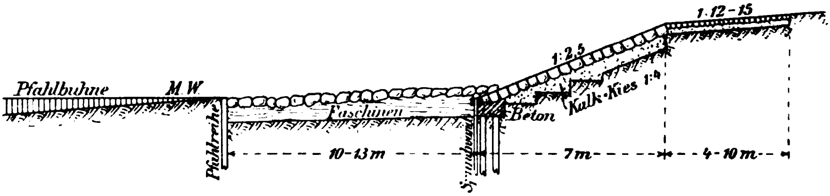


Abb. 414. Uferdeckwerk bei Heiligendamm.

Ein ähnliches Pflaster, jedoch nicht rauh, sondern glatt, war nach Abb. 414 bei Heiligendamm zur Ausführung gekommen. Hier waren in früheren Jahren einfache Pfahlbuhnen zum Schutze des

Strandes erbaut worden; es hatte sich aber als notwendig herausgestellt, den Strand ausserdem durch ein Uferdeckwerk zu schützen. Es geschah dies durch ein Pflaster, dessen Fuss sich gegen eine Spundwand und einen auf zwei Pfählen ruhenden Betonklotz stützte. Das Pflaster wurde mit der Neigung 1 : 2,5 auf einem treppenförmig gegründeten Unterbett aus Kalkkies — gemischt aus 1 Teil hydraulischem Kalk mit 4 Teilen Sand — in Cement versetzt.

Die Unterwaschungen, welche das so hergestellte Pflaster erfuhr, zwangen dazu, es nachträglich durch ein Vorbett aus Faschinen zu schützen. Dies Vorbett ist 10 bis 13 m breit, wird an der Seeseite durch eine Pfahlreihe von 15 bis 20 cm Durchmesser mit 20 bis 40 cm weiten Zwischenräumen, deren Köpfe in Mittelwasserhöhe liegen, gehalten, und durch möglichst schwere und grosse Steine belastet. Die Faschinendecke übt einen guten Schutz aus, erfordert aber viel Unterhaltungskosten, da ihre Belastungssteine häufig verschoben werden und abrollen.

§ 26.

Flache Böschungspflaster aus Ziegeln. An den ostfriesischen Küsten, wo die Ziegel oft wie in Holland zur Herstellung von Land-

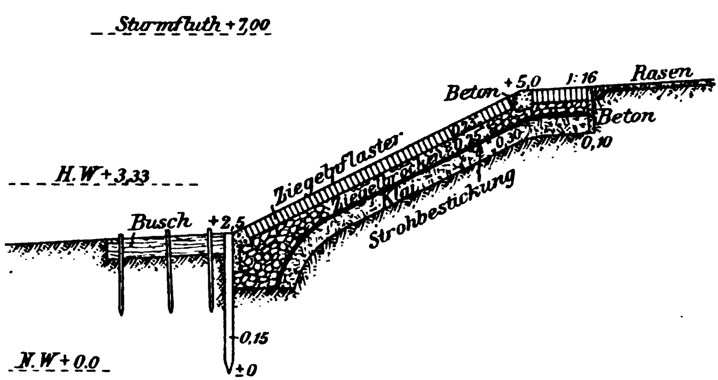


Abb. 415. Böschungspflaster aus Ziegeln bei Geestemünde.

strassen verwendet werden, werden sie auch zur Strandeckung benutzt. Als Beispiel wird in Abb. 415 das bei Geestemünde ausgeführte Deckwerk aus Ziegeln mitgeteilt. (Centralbl. d. Bauw. 1897, Seite 361.)

Das Deckwerk besteht aus einer 0,3 m starken Klaischicht, die durch Strohbestickung abgedeckt ist. Darauf folgt eine 0,25 m starke Schicht aus Ziegelbrocken und endlich das aus kleinen, harten 0,23 m hohen Ziegeln hochkantig hergestellte Pflaster. Die Neigung beträgt

1 : 2. Der Fuss des Pflasters sowie die obere Ecke und Begrenzung sind durch Stampfbeton gesichert. Ausserdem ist der Fuss durch eine Buschlage geschützt.

§ 27.

Pflaster mit Wasserkissen. An der Schleswigschen Westküste ist eine besondere Art des Steinpflasters in Gebrauch: ein ziemlich steiles Pflaster im Neigungs-Verhältnis 1 : 1½ mit Wasserkissen am oberen Ende.

Schwere Steine werden nach dieser Neigung in Steinschlag verlegt, nachdem der Fuss der Böschung durch eine Pfahlwand gesichert wurde. Am oberen Ende wird durch besonders grosse Steine ein Absatz von 0,25 bis 0,5 m Tiefe hergestellt, dessen Sohle landseitig flach ansteigt. So entsteht unmittelbar hinter der Krone des Pflasters ein trapezförmiges Becken von geringer Tiefe aber grosser Breite, das sich bei hohem Wellenschlage mit Wasser füllt. Die hier gesammelte Wassermenge mildert die Gewalt der überschlagenden Wellen. Sie dient als Polster, als Wasserkissen.

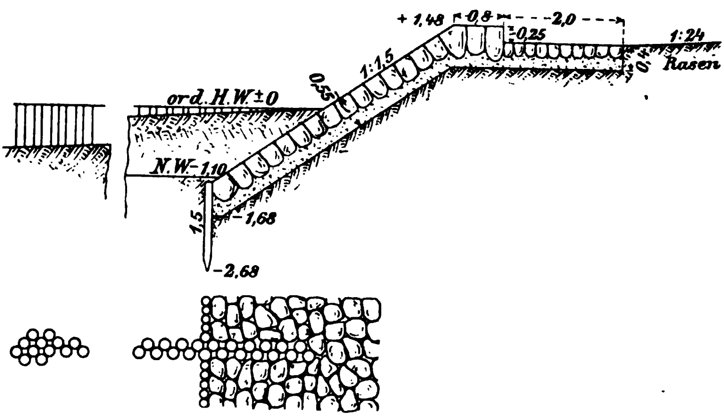


Abb. 416. Pfahlbuhnen und Böschungspflaster mit Wasserkissen auf Hallig Oland Querschnitt und Grundriss.

Abb. 416 zeigt als Beispiel die Einfassung des Ufers auf Hallig Oland im Querschnitt und Grundriss. Das Böschungspflaster mit dem Wasserkissen dient einer Reihe von Pfahlbuhnen als verbindendes Uferschutzwerk.

Ein ähnliches Pflaster mit Wasserkissen ist auch an dem Fuss der Düne bei Ording auf der Halbinsel Eiderstedt im Anschluss an die dort hergestellten Erdbuhnen (§ 14 S. 570) ausgeführt worden.

§ 28.

Liegende Quadermauer auf Norderney. Schon im Jahre 1858 war zum Schutze der Dünen von Norderney, nachdem ein schwächeres Bauwerk sich als nicht haltbar erwiesen hatte, die in Abb. 417 dargestellte flach aufliegende Quadermauer ausgeführt worden. Sie ist nach dem Radius 3,5 m doppelt gekrümmt. Der Fuss wurde in 1,46 m Höhe über gewöhnlicher Flut durch eine Pfahlwand geschützt, und durch einen Vorbau von Faschinen mit Steinbedeckung gegen Unterspülung gesichert. Der Kopf der Mauer erhielt in 3,5 m Höhe über gewöhnlicher Flut einen Abschluss durch eine schräg aufgestellte 1,75 m hohe Wand von Steinplatten, an die sich ein mit der Neigung 1 : 15 flach ansteigendes Klinkerpflaster anschloss.

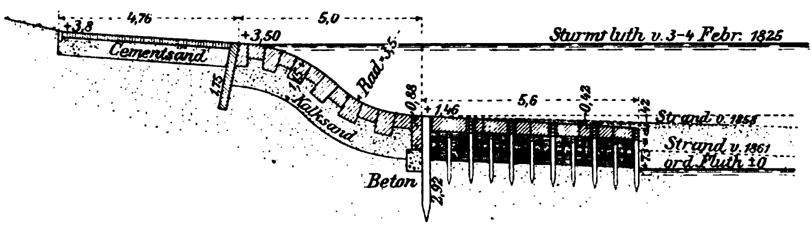


Abb. 417. Liegende Quadermauer auf Norderney von 1858.

Die erste Schicht des Quadermauerwerks war 0,80 m hoch und ruhte auf einem Betonblock. Die übrigen Quadern erhielten eine Unterbettung von Kalksand. Sie wurden in Trassmörtel vermauert, und ihre Fugen mit Cement verstrichen. Der Faschinenvorbau war 4,7 bis 5,8 m breit; er wurde mit Quadern auf einer Unterbettung von Ziegelbrocken bedeckt.

Diese Bauweise hat sich sehr gut bewährt. Sie wird auch jetzt fortgeführt als Ersatz des früher auf Norderney ausgeführten durchbrochenen Pfahlwerkes. Abb. 419 zeigt die Strandmauer während der Bauausführung im Jahre 1898.

§ 29.

Flache Uferdeckwerke mit oberem Anlauf. Die flachen Uferdeckungen haben zwar den Vorteil der sicheren Lagerung; sie haben aber den grossen Nachteil, bei Hochwasser die auflaufenden Wellen sehr hoch zu führen. Erreichen die Wellen die obere Begrenzung des flachen Uferwerkes, so können sie nach Vernichtung der dort vorhandenen leichten Rasen- oder Sandgrasbekleidung das Werk von oben her hinterspülen und zum Einsturz bringen.

So war ein flaches Schutzwerk auf Spiekeroog durch die Sturmflut von 1894 hinterwaschen, und die anschliessende Düne fortgespült worden. Das Werk war unter Benutzung einer früher dort vorhandenen Uferbefestigung, deren Reste — Pfahlwand mit Bretterbekleidung, s. Abb. 418 — in der Mauer verblieben waren, ähnlich dem Norderneyer Werke, jedoch aus Bruchsteinen statt der Quadern hergestellt, und mit einer flach ansteigenden Klinkerdecke bis 5 m über gewöhnliches Hochwasser geführt worden. Die Sturmflut zerstörte es auf 120 m Länge. Die obere Decke wurde fortgeschlagen, das Pflaster fiel zusammen.

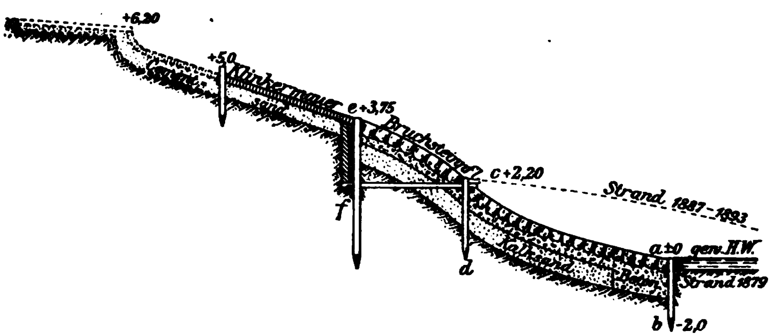


Abb. 418. Flaches Uferdeckwerk mit oberem Anlauf auf Spiekeroog.

Um solche Zerstörungen in Zukunft zu vermeiden, wurde das Pflaster bis + 6,20 m fortgesetzt und oben durch Abrundung der Ecke mit einem steilen Anlauf von geringer Höhe versehen. Dieser hatte die Aufgabe, die am höchsten dringenden Wellen abzuweisen. Die Einrichtung hat sich gut bewährt.

Einen ähnlichen oberen Anlauf hat man nachträglich auch dem Werke von Norderney gegeben; er wird bei der jetzt in Ausführung begriffenen Verlängerung der Ufermauer angelegt. Abb. 419 lässt auf der rechten Seite unter der Feuerbake einen fertig gestellten Teil der Mauer mit dem oberen Anlauf erkennen.

Auch auf der Insel Wangeroog hat man den Anlauf zur Abkehr der Spritzwellen hergestellt.

§ 30.

Betondecken als Strandschutzwerke. Eine Betondecke allein ohne einen schützenden Ueberzug von Steinen ist als Strandschutzwerk zuerst im Jahre 1884 im Ostseebade Heringsdorf ausgeführt worden. Sie hat nach dem in Abb. 420 dargestellten Querschnitt



Abb. 419. Baustelle der Strandmauer auf Norderney. (Aufnahme des Verfassers im August 1898.)

0,4 m untere und 0,3 m obere Stärke bei 6 m Höhe und einer Neigung 1 : 1,5. Der Fuss stützt sich gegen eine Pfahlreihe mit dahinter geschlagener Bretterwand und wird durch einen Betonklotz gebildet. Eine Spundwand würde besseren Schutz gewährt haben, auch fehlt eine besondere Vorlage zur Sicherung des Fusses gegen Sturmfluten. Das Werk ist als interessanter Versuch anzusehen; es hat sich bis jetzt gut gehalten, dank dem Umstande, dass es eine gefährliche Sturmflut noch nicht auszuhalten hatte.

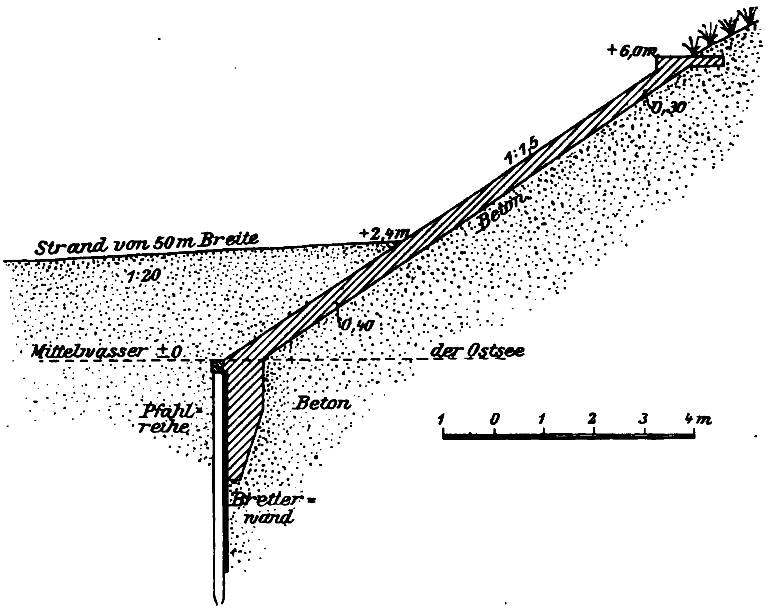


Abb. 420. Betondecke am Ostseestrande von Heringsdorf.

Bei Oldenförn, nahe Wyk auf der Insel Föhr, wurde im Jahre 1895 ein Uferschutzwerk ausgeführt, dass aus einer dünnen Cementdecke mit Drahtankern besteht. Das Werk ist nach den Angaben des Professors Möller in Braunschweig ausgeführt, das Verfahren durch Patent der Firma Drenckhahn u. Sudhop in Braunschweig geschützt.

Abb. 421 zeigt eine Ansicht, Abb. 422 den Querschnitt des Werkes. Es wurde die Düne mit der Neigung 1 : 1,5 abgeböscht und dann mit Erdankern von 35 bis 50 cm Länge in grösserer Zahl ausgestattet. Zu dem Zweck wurden mit einer spitzen Eisenstange und einem Holzschlägel Löcher von 4 cm Weite in 40 cm Entfernung in den Sand getrieben, und in diese Haken aus starkem Draht eingesetzt.



Abb. 421. Cementdecke nach Prof. Möller bei Wyk auf Föhr. (Aufn. d. Verf. im August 1898.)

Die Löcher wurden demnächst mit einem Mörtel aus 1 Teil Cement und 2 Teilen Sand vergossen.

Darauf folgte eine Betonlage von 4 cm Stärke, die gleichmässig nach einer Schablone ausgebreitet, und mit einem verzinkten Drahtnetz von 1,5 cm Stärke und mit 5 cm weiten Maschen bedeckt wurde. Hierüber kam eine zweite Betonschicht von 8 cm Dicke. Das Mischungsverhältnis war hier wie bei der ersten Schicht: 1 Teil Cement + 3 Teile Sand + 2 Teile Kiesel. Die Betondecke wurde festgeschlagen und abgerieben, so dass die Oberfläche zwar im Korn etwas rauh, im Uebrigen aber eben und dicht war.

Oberhalb der Mauer brachte man über dem Dünensande eine 20 cm starke Klaischicht auf, und deckte sie mit Rasen ab. Zur Abwässerung der Oberfläche wurden, wie aus Abb. 421 ersichtlich ist, kleine Mulden durch die Krone der Cementdecke geführt. Die Kosten haben 6,50 M. für das Quadratmeter betragen.

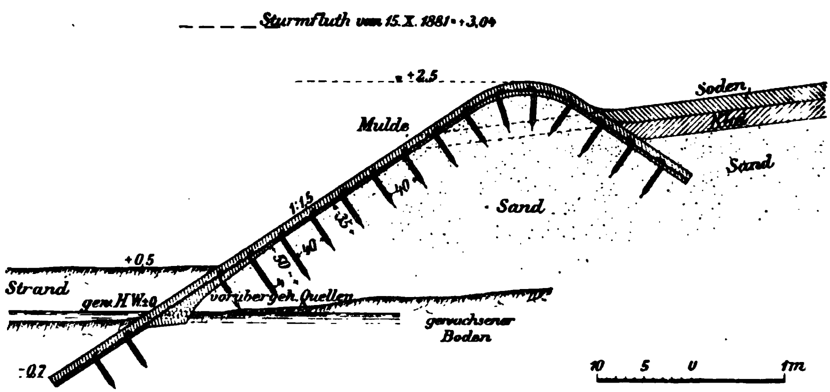


Abb. 422. Cementdecke nach Prof. Möller bei Oldenförn nahe Wyk auf der Insel Föhr.

Nach den an diesem Werk gemachten Beobachtungen hat der Erfinder für künftige ähnliche Anlagen folgende Abänderungen entworfen: die Länge der Anker wird auf 45 cm und ihre Entfernung auf 70 cm beschränkt, die Drahtnetzeinlage wird beseitigt, die Betonschicht von 4 + 8 = 12 cm Stärke auf 6 cm ermässigt; die Fugen der Betondecke, welche bei Wyk mit schrägem Schnitt ausgeführt worden waren, sollen künftig lotrecht hergestellt und mit Teerpappe von unten gedeckt werden. Uferbefestigungen, welche nach diesen Aenderungen bei Holtenau später ausgeführt worden waren, haben nur 3,20 M. auf das Quadratmeter gekostet.

Die Anlagen bei Wyk wie bei Holtenau bestehen noch zu kurze Zeit, um ein abschliessendes Urteil über die Zweckmässigkeit dieser Uferdeckungen abgeben zu können.

E. Steile Uferschutzwerke.

§ 31.

Steile Böschungspflaster an den Ostseeküsten in Ostpreussen.

An den ostpreussischen Küsten sind steile Uferdeckungen gebräuchlich, die aus einem in der Neigung 1 : 1/2 bis 1 : 1 hergestellten Pflaster auf Sandunterbettung bestehen, dessen Fuss durch eine Vorlage gesichert ist. Diese Uferdeckungen sind besonders im Samlande wie bei Neukuhren, Cranz und an anderen Orten ausgeführt. Abb. 423 zeigt den Querschnitt eines solchen Uferdeckwerkes bei Neukuhren.

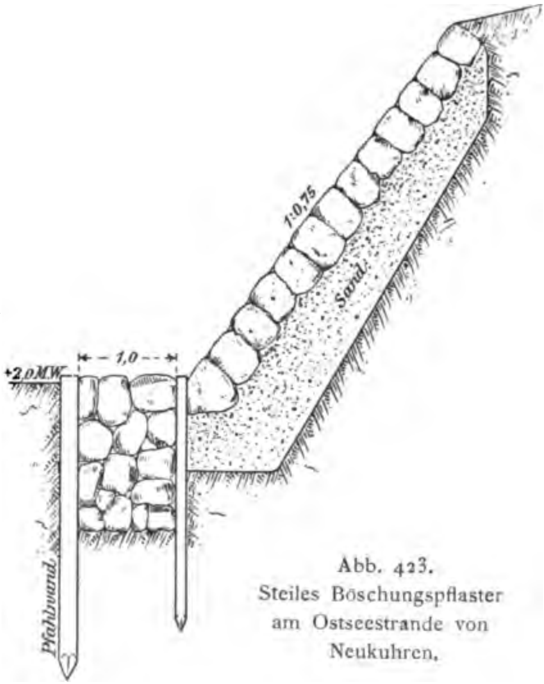


Abb. 423.
Steiles Böschungspflaster am Ostseestrande von Neukuhren.

Bedingung für die Haltbarkeit ist die feste Sicherung des Fusses und die Verwendung grosser, lagerhafter Steine. Der Fuss wird gewöhnlich durch eine Steinpackung geschützt, die zwischen Pfahlwänden oder Spundwänden ausgeführt und nach Abtragung des Dünensandes auf dem darunter liegenden Diluvialmergel gegründet wird.

Die Pflastersteine werden meist in Sand verlegt und ihre Fugen mit Cementmörtel verstrichen. Auch wenn das Pflaster, wie bei Neukuhren (Abb. 423), ein aus Diluvialboden bestehendes Ufer schützen soll, so wird das Unterbett nur aus Dünen- oder Strandsand hergestellt. Der Fugenverstrich mit Cementmörtel, der fast nie unterlassen wird, giebt dem Pflaster ein sehr solides, mauerartiges Aussehen. Es ist Täuschung. Die so ausgeführten Pflasterungen können Sturmfluten von mässiger Dauer und mässiger Stärke nicht ertragen. Der Fugen-

verstrich bröckelt schnell ab. Die Flut dringt in die weiten Fugen der Steine, rührt das Sandunterbett auf, wäscht den feinen Sand aus und erzeugt unter der sich wölbenden Steindecke grosse blasenartige Aushöhlungen. Plötzlich stürzt diese Decke an mehreren Stellen ein, die Steine sinken herab, der gewachsene Boden ist den Angriffen der See unmittelbar ausgesetzt, und von den so entstandenen Lücken pflanzt sich die Zerstörung schnell über die ganze Uferdecke fort. Dies ist nach den Dezemberstürmen von 1899 an vielen Stellen des Samlandes geschehen. Bessere Haltbarkeit würde das steile Böschungspflaster bieten, wenn das Unterbett stärker und aus grobem Kies oder Steinschlag hergestellt werden würde, der sich nicht so leicht zwischen den Fugen der Steindecke auswaschen lässt, wie der feine Dünensand.

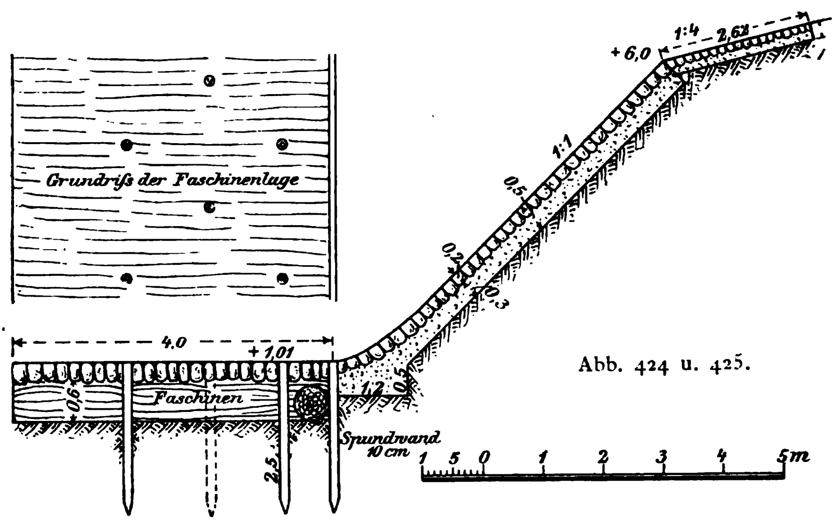


Abb. 424. Steiles Böschungspflaster am Streckelberge. Querschnitt a—b in Abb. 426.
Abb. 425. Grundriss der Faschinenlage.

§ 32.

Steiles Böschungspflaster und Stachelpflaster am Streckelberge. An der pommerschen Küste westlich von Swinemünde wird der Streckelberg und die sich vor ihm anhägernden Dünen gegen die Fluten der Ostsee durch ein Uferdeckwerk geschützt. Auf der Höhe des Streckelberges befindet sich eine Bake, die als Schiffahrtszeichen Bedeutung hat. Es sind hier nach Abb. 426 Pfahlbuhnen und ältere Steinpackungen vorhanden. Sie vermochten jedoch nicht den Küstenschutz mit der erforderlichen Sicherheit auszuüben. Deshalb wurde

im Jahre 1895 ein steil ansteigendes Pflaster als Uferbekleidung angelegt, das die Neigungen 1 : 1 und 1 : 1¼ erhielt. Die Steine liegen nach Abb. 424 auf einer durchschnittlich 0,3 m dicken Betonlage; die Stärke der Decke beträgt daher bei 0,2 m hohem Pflaster 0,5 m.

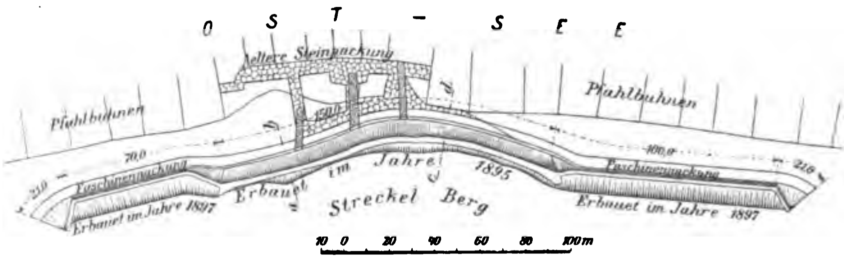


Abb. 426. Uferdeckung am Streckelberge in Pommern.

Der Fuss des Pflasters und der Betondecke stützt sich gegen einen Betonklotz von 1,2 m Breite und 0,5 m Höhe, und dieser wiederum gegen eine Spundwand von 10 cm Stärke und 2,5 m Höhe.

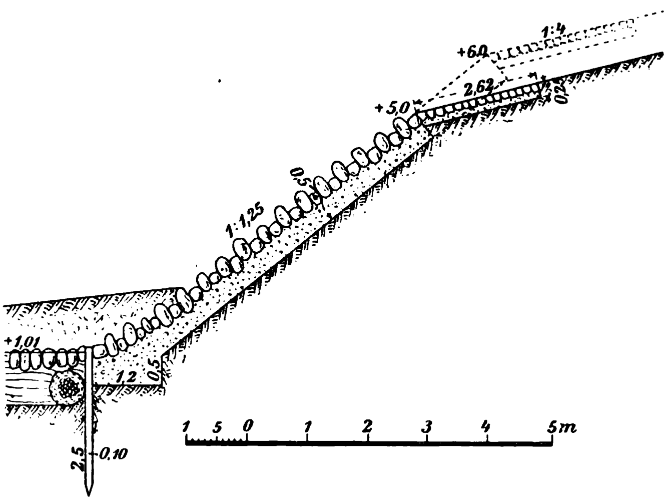


Abb. 427. Stachelpflaster am Streckelberge von 1895.
Querschnitt c—d in Abb. 426.

Zur Sicherung der Spundwand gegen Ausspülungen wurde eine Verpackung von Faschinen vorgelegt. Sie ist (vergl. Abb. 424) 4 m breit, 0,6 m stark und mit Steinen abgedeckt. An der Seeseite ist sie ohne Einfassung durch eine Pfahlwand oder dergl. geblieben; dagegen

sind mehrere Pfähle in ungefähr 1,5 m Entfernung und im Versatz durch die Faschinen geschlagen worden, um die Schutzdecke mit dem Strande zu verbinden. (Vergl. den Grundriss Abb. 425.)

Einzelne Teile des Böschungspflasters wurden 1895 als sogenanntes Stachelpflaster (Abb. 427) hergestellt. Dasselbe war schon früher bei dem flachen Bruchsteinpflaster des Ostseestrandes neben der Westmole von Neufahrwasser durch den damaligen Hafenbauinspektor E. Kummer mit gutem Erfolg ausgeführt worden (vergl. § 25 S. 590.) Es wurden Steine von grösserer Länge abwechselnd mit kürzeren Steinen in Cementmörtel — Mischung 1 : 3 — versetzt, so dass sie wie Stacheln aus der Böschung hervortraten. Sie sollten den Wellenschlag stärker brechen als die glatte Fläche. So wie in Neufahrwasser hat auch das Stachelpflaster am Streckelberge seinen Zweck gut erfüllt.

§ 33.

Halbsteiles Uferdeckwerk auf Wangeroog. Bei einem auf der Insel Wangeroog auszuführenden Uferdeckwerk, welchem man den bei Spiekeroog bewährten oberen steilen Anlauf zur Abkehr der Spritzwellen geben wollte (vergl. § 29, S. 593), hat man diesen Anlauf mit dem Hauptteil des Werkes verbunden, so dass ein halbsteiles Uferdeckwerk entstand. Die Mauer hat 3 m Höhe. Der untere Teil von 1,5 m Höhe ist schräg, der obere steil gerichtet; der untere hat eine Neigung von 1 : 3, der obere eine solche von 1 : $^1/_3$. Eine Wölbung von 1,2 m Radius verbindet beide mit einander.

Das Werk beginnt nach dem Querschnitt Abb. 428 erst in 4,56 m Höhe über dem gewöhnlichen Hochwasser. Es besteht in der eigentlichen Mauer aus zwei hochkantig gestellten Ziegelschichten, die auf einem 0,40 m starken Unterbett aus Cementsand ruhen. Letzterer ist aus 1 Teil Cement und 8 Teilen Sand hergestellt worden und stützt sich gegen einen 0,75 m breiten und 0,6 m hohen Betonklotz. Dieser wiederum wird gegen Hinterspülungen durch eine 3 m lange, 8 cm starke Spundwand geschützt.

Um das Auswaschen der Spundwand zu verhüten, ist vor ihr eine Buschdecke in 2,5 m Länge und 0,5 m Stärke ausgebreitet, durch eine Pfahlreihe begrenzt und mit Quadern auf Ziegelbrocken überdeckt worden. Die Helmpflanzung der Dünen wird im unteren Teil zum Schutz gegen die Spritzwellen auf 2 m Breite durch ein lotrechtes, flaches Ziegelpflaster auf Sandbeton mit der Neigung 1 : 12 ersetzt.

§ 34.

Steiles Uferdeckwerk auf Borkum. Schon bevor der obere Anlauf an den Werken von Spiekeroog, Norderney und Wangeroog

ausgeführt worden war (vgl. § 29 S. 593), hatte man in den Jahren 1875 bis 1879 auf Borkum eine Schutzmauer in so steiler Form zur Ausführung gebracht, dass der Anprall der Wellen abgekehrt wurde.

Sie bestand nach Abb. 429 in der Hauptsache aus einem Klinkermauerwerk von zwei Rollschichten auf einer Unterlage von Kalksand — 1 Teil Kalk zu 4 Teilen Sand —. Der Fuss des Werkes stützte sich gegen einen Betonklotz, der durch eine Spundwand gegen Unterspülung gesichert wurde und mit dieser verankert war. Am Kopf war das Mauerwerk durch ein Klinkerpflaster mit der Neigung 1 : 4 ab-

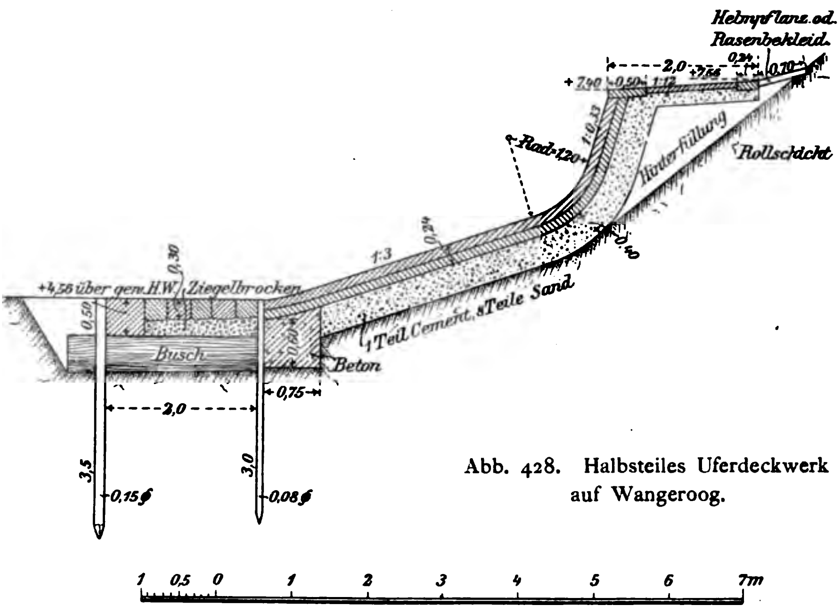


Abb. 428. Halbsteiles Uferdeckwerk auf Wangeroog.

geschlossen, und hinter diesem vermittelte ein schmaler Rasenstreifen den Uebergang zur Helmpflanzung der Düne. Die Krümmung des Hauptteils der Mauer hatte 2,5 m Radius. Darüber begann vom Punkte a in Abb. 429 aus eine Gegenkrümmung von 1,02 m Halbmesser, die den Uebergang in den oberen Teil der Mauer vermittelte.

Das Werk hatte sich lange Zeit gut gehalten. In den Jahren 1889 und 1890 zeigte sich jedoch an mehreren Stellen, dass der Kopf der Mauer in der Kämpferfuge bei a nach aussen übergewichen war. Nähere Untersuchungen stellten fest, dass dieser Umstand der grossen Belastung des mit 1 : 4 ansteigenden Pflasters, durch das ein erheblicher Seitenschub auf die Kämpferfuge ausgeübt wurde, zugeschrieben

werden müsste. Die Kämpferfuge wurde daher durch Aufnahme und Senkung des oberen Pflasters in die punktiert angedeutete Lage der Abb. 429 entlastet. Hierbei wurde gleichzeitig ein kurzer lotrechter An-

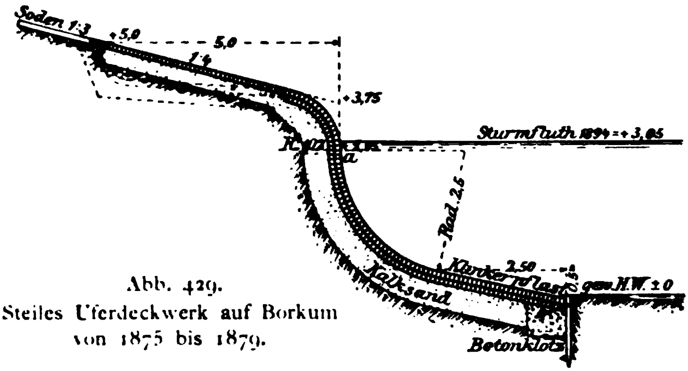


Abb. 429.
Steiles Uferdeckwerk auf Borkum
von 1875 bis 1879.

lauf für die überrollenden Wellen gewonnen, so dass Auswaschungen des Bodens und der Düne nicht mehr zu befürchten waren (vergl. Schelten in der Zeitschrift für Bauw. 1896, S. 266).

Bei den späteren Verlängerungen der Borkumer Mauer, die nach Abb. 430 erfolgten, wurde nicht allein die wagerechte Lage der Kämpfer-

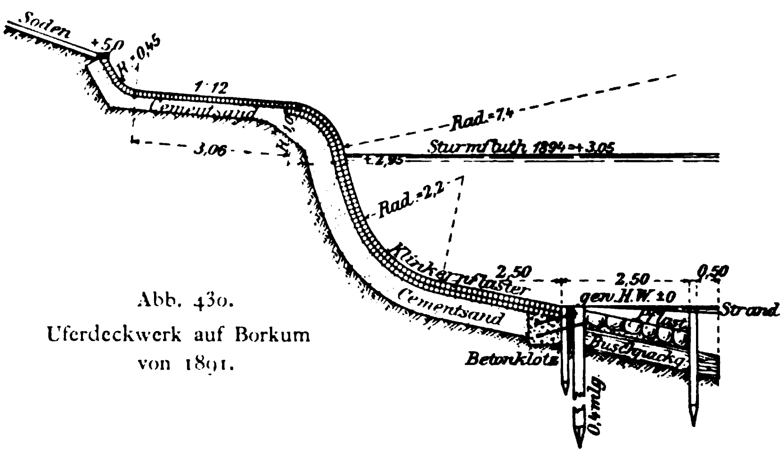


Abb. 430.
Uferdeckwerk auf Borkum
von 1891.

fuge a vermieden, sondern es wurde auch der Fuss der Mauer durch eine Faschinenvorlage gesichert. Die Kämpferfuge a bildete auch nach der Entlastung eine schwache Stelle, weil der Stoss der auflaufenden Welle gegen den oberen Mauerteil wirkte und diesen hob. Es war

daher besser, die horizontale Lage dieser Fuge, wie Abb. 430 zeigt, in eine schräge Führung umzuändern.

Die Faschinenvorlage ist 3 m breit hergestellt und auf 2,5 m Breite mit Steinen abgepflastert worden. Das Werk hat sich bis jetzt gut bewährt.*)

§ 35.

Ufermauern an der Ostsee. An manchen Stellen der Ostseeküste sind zum Schutz des Ufers kräftige, gut fundierte Ufermauern aufgeführt, gegen welche sich ein Böschungspflaster stützt. Dies ist z. B. der Fall bei Gr.-Horst in Pommern. Hier waren schon im Jahre 1869 Pfahlbuhnen erbaut worden, die aus doppelten Pfahlreihen bestanden, und deren Entfernung nach Abb. 432 doppelt so gross war wie ihre Länge. Da sie nicht genügten, um den Abbruch des Ufers zu verhindern, so wurde in den Jahren 1874 bis 1877 eine lotrechte Ufermauer nach dem Querschnitt Abb. 433 aufgeführt. Sie war auf Beton gegründet, hatte eine untere Breite von 1,5 m, eine obere von 0,9 m, und wurde an der Seeseite durch Verstärkungs-

*) Als Beispiel für die Anlage von steilen Ufermauern an den holländischen Teilen der Nordsee wird in Abb. 431 der Querschnitt der vor einigen Jahren bei den Dünen von Scheveningen aufgeführten Strandmauer mitgeteilt. Die Mauer ist aus Stampfbeton mit dem Mischungsverhältnis 1 : 3 : 6 hergestellt, und nach

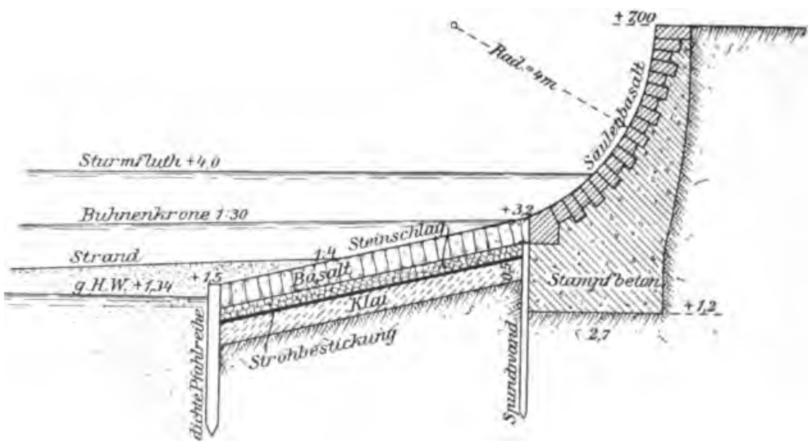


Abb. 431. Strandmauer bei Scheveningen.

einem Radius von 4 m mit Säulenbasalt bekleidet. Eine Spundwand von 10 cm Stärke begrenzt sie nach der Seeseite. Den Fuss der Mauer schützt ein Werk, das über einer Klaischicht von 0,5 m Dicke eine Strohbestickung, Steinschlag und eine Basaltdecke enthält. Dies Schutzwerk hat eine Neigung von 1 : 4 und wird an der Strandseite durch eine dichte Pfahlreihe geschlossen.

pfeiler in 40 m Abständen gesichert. Sickerröhren waren am Fusse der Mauer durch sie hindurch zur Abführung des hinter ihr sich sammelnden Wassers angelegt worden. Sie wirkten in den ersten Jahren. Später, nach dem Setzen der Hinterfüllung, waren sie weniger notwendig; und da sie durch Einlassen des Wassers bei hohem Seegange Schaden zufügten, so wurden sie geschlossen. Eine Pfahlwand von 18 cm Durchmesser, die die Wurzeln der Buhnen verbindet, schützt den Fuss der Mauer.

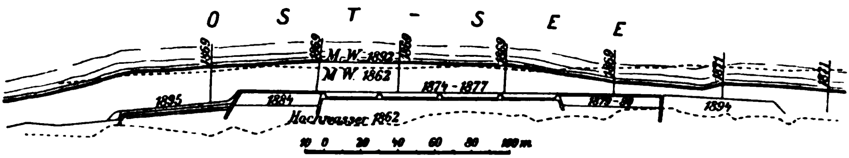


Abb. 432. Befestigung des Ostseestrandes bei Gr. Horst.

Bei den Verlängerungen, die in den Jahren 1879, 1880, 1884, 1894 und 1895 erfolgten, hat man die Strebepfeiler an der Aussenseite fortgelassen. Abb. 434 zeigt den Querschnitt von 1894. In einem Fundament aus Sandbeton sind nach einem Kreisbogen kräftige Quadersteine eingelassen. Die Kosten dieser Mauer sind mit 260 M. für das Meter nicht unerheblich gewesen.

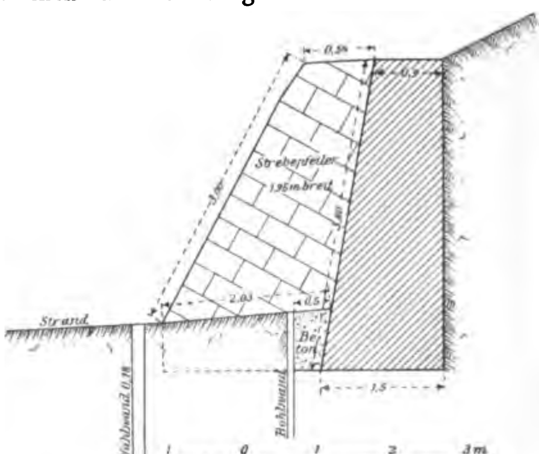


Abb. 433. Ufermauer bei Gr. Horst von 1874—1877.

Es wurde deshalb für die Fortsetzung der Mauer im Jahre 1895 eine senkrechte Form nach Abb. 435 gewählt. Sie hat einen Fuss und einen Kern aus Sandbeton und 2,9 m Höhe. Die Neigung der vorderen Seite beträgt 1 : $^1/_4$, die Krone ist 2 m breit und

hat ein Gefälle von 0,22 m. Steinverfüllungen und Drainröhren in der Mauer sowie 0,2 m starke Steinschichten auf der Sohle des Fundaments

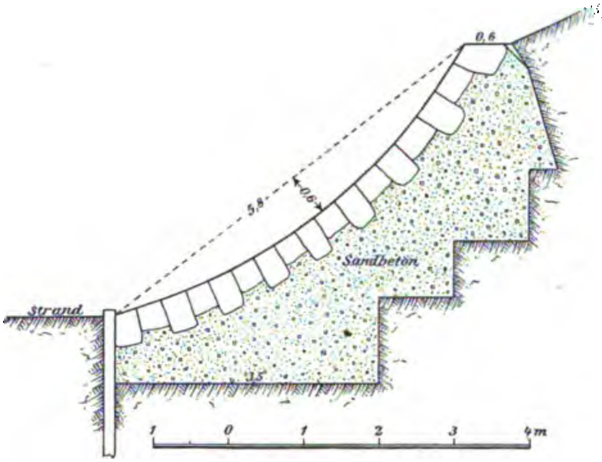


Abb. 434. Ufermauer bei Gr. Horst von 1894.

sollten für die Abwässerung der Hinterfüllung sorgen. Die Drainröhren wurden jedoch wie die Drainröhren in der Mauer von

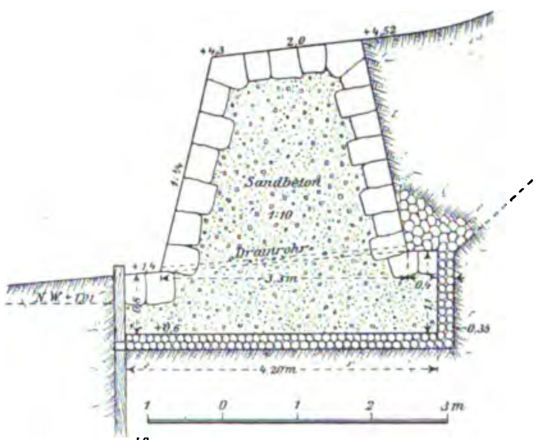


Abb. 435. Ufermauer bei Gr. Horst von 1895.

1874—1877 nach einigen Jahren geschlossen. Die Kosten dieser Mauer haben 170 M. für das Meter betragen.

Eine ähnliche Strandmauer, doch mit noch schwächerem Querschnitt und darum geringerem Kostenaufwande, wurde im Jahre 1897

am Streckelberge in Pommern zur Ausführung gebracht. Sie hat den Querschnitt Abb. 436. Ihre Lage ist auf dem Plan Abb. 426, S. 601 angegeben.

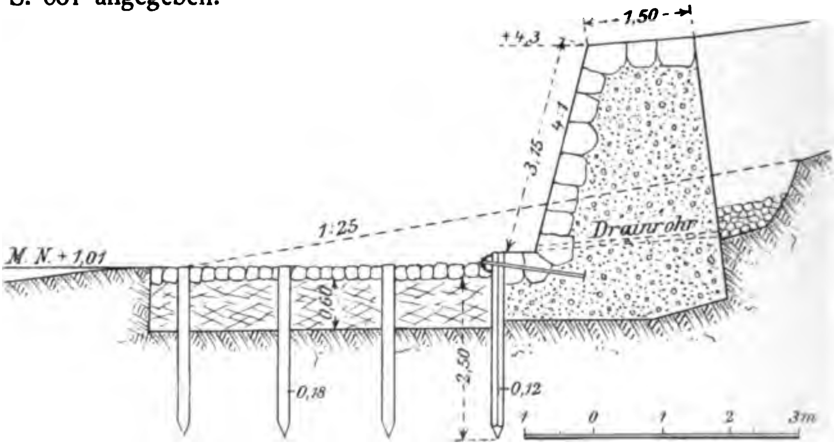


Abb. 436. Ufermauer am Streckelberge von 1897.

§ 36.

Hölzerner Wellenbrecher auf Helgoland. Ein eigentümliches Uferdeckwerk zur Abkehr der Spritzwellen ist auf Helgoland in Holz

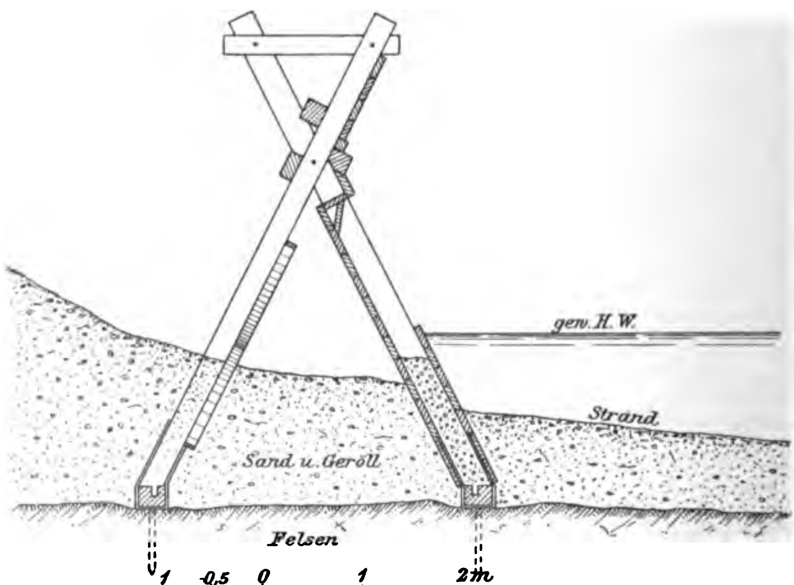


Abb. 437. Hölzerner Wellenbrecher auf Helgoland.

erbaut worden. Der obere Teil dieses Werkes tritt in einer solchen Form nach der See hervor, dass die Hochwasserwellen zurückgeworfen werden.

Das Werk besteht aus zwei kräftigen Längsschwellen, welche durch den Sand hindurch mit dem felsigen Untergrunde verbolzt sind. Auf diesen Schwellen, und mit ihnen durch Zapfen und starke Bänder zusammengehalten, folgen kreuzweise errichtete Stiele von 25 bis 35 cm starken Rundhölzern. Sie sind verbolzt, durch Längs- und Querhölzer verbunden, auch durch Andreaskreuze versteift. Die Binnenseiten der vorderen Streben sind mit 8 bis 10 cm starken Bohlen bekleidet, so dass die hinter die Streben geworfenen Gerölle und eintreibenden Sandmassen zurückgehalten werden. Ausserdem werden nach und nach mit der Zunahme der Versandung auch die vorderen Seiten der Streben mit Bohlen bekleidet.

F. Schutz der Haffufer durch Buhnen und Wasserpflanzen.

§ 37.

Sicherung der Binnengewässer hinter den Dünen. Zahlreich und weit ausgedehnt sind die Küsten, an denen ein schmaler Dünenzug die salzigen Wasser der See von einem süssen Binnenwasser scheidet. In Ostpreussen sind derartige Wasserbecken, welche die Dünen begrenzen und sie von der Landseite angreifen, das kurische und frische Haff, in Westpreussen die Weichselarme und die Putziger Wiek hinter der Halbinsel Hela, in Hinterpommern der Leba- und Gardesche See, ferner die zahlreichen Seen längs des übrigen Teils der pommerschen Küste, die Binnenwässer hinter dem schmalen Dünenzuge auf Usedom, Rügen, Zingst u. a. m.

Je grösser die Wasserfläche ist, um so heftiger sind die Stürme, die auf ihnen wüten. Das frische Haff z. B. hat 860, das kurische 1260 Quadratkilometer Wasserfläche. Die Stürme erzeugen hier starke Seegänge, heftige Rollungen längs der Ufer und tiefe Auswaschungen ihrer Ränder. Abb. 438 zeigt ein zum Fischerdorf Preil auf der kurischen Nehrung gehöriges Wohnhaus, das so sehr vom Seegange des Haffs unterwaschen wurde, dass nur die Hälfte des Gebäudes mit Lebensgefahr bewohnt werden konnte: die andere Hälfte ragte zertrümmert und des Fundaments beraubt über dem Hochwasser.

Zu den Wasserschäden kommen die Nachteile, welche durch das Eis hervorgerufen werden. Hierunter haben besonders die Ufer des nördlichsten Binnenwassers, des kurischen Haffs, zu leiden. Monatelang liegt eine feste Eisdecke auf dem Wasser. Durch Segelschlitten wird dann der Verkehr unterhalten.*) Kommt das Frühjahr, so bricht das Eis auf, die Schollen werden von den Winden hin- und hergetrieben und reissen die Pflanzen, die in ihnen häften aus dem



Abb. 438. Vom Haffhochwasser unterspültes Fischerhaus zu Preil auf der kurischen Nehrung.
(Aufnahme des Herrn Stadtbauinspektors Lindemann in Altona vom Juli 1897.)

Boden. Grosse Eisbänke schieben sich gegen die Ufer, werden dort zertrümmert, auf den flachen Strand hinaufgeschoben, höher und höher über einander geschichtet, mitunter zu mächtigen Eisbergen aufgetürmt. Abb. 439 giebt eine Vorstellung von diesen Zuständen.

*) Am gefährlichsten ist für die Nehrungsbewohner die Zeit, in der die Eisdecke auf dem Haff zu dünn ist, um Schlitten zu tragen, aber zu dick, um von den leichten Fischerkähnen durchbrochen zu werden. Da in solcher Zeit gewöhnlich auch die Wege auf der Nehrung kaum befahren werden können, so sind dann die Bewohner fast von jedem Verkehr abgeschnitten. Diese Zeit hält wochen-, in ungünstigen Wintern auch monatelang an. Man bezeichnet sie mit dem littauischen Wort „Schacktarp“.

Im Vordergrunde liegt das Haff unter der Eisdecke, an dem flachen Ufer haben sich die Eismassen gletscherartig in die Höhe geschoben.

Nicht alljährlich treten derartige Eisschiebungen auf. Wenn sie aber nach harten Wintern entstehen, so drücken die gewaltigen Massen mit ihren scharfen Kanten alles nieder, was auf ihrem Wege ist. Rasenböschungen werden aufgerissen, die Pflanzen, welche die



Abb. 439. Eisschiebungen am Ufer des kurischen Haffs.
(Aufnahme des Herrn Ancker in Russ vom 4. April 1893.)

Ufer einsäumen, werden geknickt, gebrochen, abgeschabt und der Lebensfähigkeit beraubt.

Die Ufer dieser Binnengewässer werden von den Dünen gebildet, ihre Befestigung gehört zum Dünenschutz und muss daher hier kurz erörtert werden.

§ 38.

Deckung der Haffufer durch Buhnen und Wasserpflanzen. Der Schutz der Haffufer kann im Gegensatz zum Schutz der Seeufer durch Pflanzen erfolgen, da in den Haffen süsses Wasser vorhanden ist, in dem die Pflanzen gedeihen können. Um ihre Entwickelung zu

fördern, ist an vielen Stellen die Anlage von Buhnen nicht zu entbehren.

Von Wasserpflanzen kommen vor allen Dingen Rohr, Schilf und Binsen in Frage. So schwach die einzelnen Pflanzen sind: sie wirken durch ihre Menge. Sie brechen die Kraft der Wellen, halten mit ihren Wurzeln den Boden fest, verhindern seine Abspülung und befördern durch die Verlangsamung der Wasserbewegung das Absetzen der Sinkstoffe, begünstigen somit die Auflandung seichter Uferstrecken. Je breiter der Pflanzengürtel längs des Ufers ist, um so wirksamer ist der Schutz, den er gewährt.

In den nördlichen Haffen ist es mit Rücksicht auf die Eisschiebungen nötig, dass der Uferschutz nicht allein biegsam und geschmeidig sei, um dem Wellenschlage zu widerstehen, sondern auch stark, fest und gleichzeitig elastisch, um die Wirkung der Eisberge zu ertragen.

Binsen, Rohr, Schilf und Weiden finden sich bei natürlichen Anlagen in der angegebenen Reihenfolge vom tiefen Wasser nach dem Ufer vor. Sie müssen daher in dieser Reihe einander folgend gepflanzt werden und gemeinsam den Uferschutz ausüben.*)

Die Binsen treiben am weitesten in das Wasser vor, sie finden sich bis 2 m Wassertiefe. Das Rohr beherrscht vorzugsweise den Teil des Strandes, der zwischen 0,6 und 0,1 m unter dem gewöhnlichen Sommerwasser liegt. Das Schilf folgt von der Wasserspiegellinie aus landaufwärts bis 0,3 m über dem Wasser; demnächst beginnt erst der Weideschutz.

Zur Sicherung gegen Eisschiebungen ist der Weidengürtel in zwei Zonen anzulegen: die untere dient zur Befestigung des Bodens und wird kurz gehalten, die obere besteht aus Weiden in grösserer Höhe und dient hauptsächlich zur Abhaltung des Eises (s. S. 627).

§ 39.

Haffbuhnen. Wenn nicht vorspringende Ecken oder Steinriffe vorhanden sind, die den jungen Pflanzen Schutz gegen Wellenschlag geben, so müssen ähnlich geschützte Plätze durch Buhnen künstlich geschaffen werden.

Die Haffbuhnen werden nach Art der Seebuhnen angelegt; sie werden wie diese senkrecht gegen das Ufer auf dem nassen Strande und auch in ähnlicher Bauart hergestellt. Sie sind aber nicht wie die Seebuhnen dauernd zur Verteidigung des Strandes bestimmt, sondern

*) Ausführliches hierüber findet sich in der Abhandlung des Verfassers: „Ueber Uferdeckungen durch Binsen, Rohr, Schilf und Weiden" in der Zeitschrift für Bauwesen 1897, S. 453.



Abb. 440. Buhnen am Haffufer von Preil auf der kurischen Nehrung. (Aufn. d. Verf. im Oktober 1898.)

haben nur den Zweck, das Anwachsen der Wasserpflanzen zu ermöglichen. Sind die Pflanzenhorste erst entwickelt, so übernehmen diese den Uferschutz und üben ihn besser aus als die Buhnen. Wird alsdann die Pflanzung geschont und gut unterhalten, so sind die Buhnen entbehrlich; sie können verrotten. Aus diesem Grunde und weil die Schwellung in den Haffen geringer ist als in der See, werden die Haffbuhnen leichter angelegt als die Seebuhnen.

An den Ufern des frischen und kurischen Haffs erhalten die Buhnen gewöhnlich 50 bis 60 m Länge und eine Entfernung, die der 1$^1/_2$ bis 2fachen Länge im Mittelwasser entspricht. Besser würde es sein, die Entfernung noch geringer zu nehmen; doch unterbleibt dies gewöhnlich der Kosten wegen. Die Krone wird bis zur Mittelwasserhöhe geführt; am Ufer folgt sie der Neigung des Haffstrandes. Abb. 440 zeigt dies bei den Haffbuhnen von Preil. Hier waren nach den Zerstörungen, welche die Frühjahrsstürme von 1897 verursacht hatten, und die noch aus Abb. 438 S. 610 ersichtlich sind, Uferdeckungen durch Buhnen angelegt worden. Die Wurzel der ersten in Abb. 440 sichtbaren Buhne war nicht weit genug auf das Ufer geführt worden: sie wurde durch das Hochwasser des Winters 1897/98 hinterspült, so dass die am Ufer stehenden Bäume in Gefahr kamen, umzustürzen. Dennoch zeigt sich bereits die Wirkung der Buhnen, die Zunahme des Strandes an den Wurzeln und die bogenartige Ausbildung des Ufers zwischen zwei einander folgenden Buhnen (vgl. § 5 S. 544).

Die Buhnen werden entweder aus einer einfachen Reihe von 16 bis 20 cm starken Pfählen hergestellt, die in dichter Folge wie die Pfahlbuhnen der See (s. § 6 S. 544) eingerammt werden, oder aus einer doppelten Reihe von Pfählen mit Faschinen- und Steinfüllung, ähnlich den in § 11 S. 557 beschriebenen Seebuhnen. Solche Buhnen sind widerstandsfähiger gegen den Eisschub als die einfachen Pfahlreihen und werden darum in dem frischen und kurischen Haff jetzt vorzugsweise gebaut. Nur die Wurzeln der Buhnen werden stets aus einfachen Pfahlreihen hergestellt, wie Abb. 440 zeigt. Es geschieht dies zur Ersparung von Kosten und genügt auch in den meisten Fällen, sobald nur die Buhnen über den Strand hinweg sicher genug in das feste Ufer reichen.

Die Pfähle werden in der Regel doppelt so tief in den Grund gerammt oder gespült, als sie frei im Wasser stehen und erhalten die Neigung 1 : $^1/_4$. Die Breite der Buhnen ist geringer als die der Seebuhnen. Während diese mindestens 1 m Breite in Mittelwasserhöhe haben müssen, genügt bei den Haffbuhnen 0,6 bis 0,8 m Breite. Die Faschinen werden entweder in zwei Lagen kreuzweise sich deckend schräg zwischen die Pfähle eingebracht, so dass die Wurzeln und Kopf-



Abb. 441. Haffbuhnen bei Neutief an der frischen Nehrung. (Aufn. d. Verf. im Mai 1899.)

enden durch die Pfahllücken reichen, oder in Quer- und Längsreihen und möglichst dichter Packung. Sie verhüten das Versinken der Steinfüllung. Die Steine müssen möglichst gross sein, so dass sie nicht durch die Pfahllücken fallen können. Sie sind gut zu verpacken und besonders gegen die Pfahllücken keilförmig einzupassen. Die grössten Steine sind für die obere Abdeckung zu verwenden.

Die Kosten dieser leichten Buhnen betragen durchschnittlich 24 bis 35 M. für das Meter.

In dieser Weise sind Buhnen angelegt worden: im frischen Haff bei Narmeln (Abb. 211 S. 301) und Neutief (vgl. Abb. 357 S. 543 und Abb. 441), im kurischen Haff bei Preil, Perwelk, Nidden und anderen Orten. Alle Buhnen haben sich bisher recht gut gehalten, sie haben sich als erheblich widerstandsfähiger erwiesen als die Buhnen aus einfachen oder doppelten Pfahlreihen, die im frischen und kurischen Haff früher angelegt worden waren.

§ 40.

Rohr-Pflanzungen.*) Das Rohr, Arundo Phragmitea oder Phragmites communis ist die wichtigste Wasserpflanze für die Haffuferdeckung. Es bildet mit seinen steifen Halmen eine gute Abwehr gegen die Wellen, durchzieht mit seinen Wurzeln kräftig den Boden und wuchert so stark, dass es in der ihm zusagenden Wassertiefe Binsen und Schilf bald verdrängt. Der Anbau des Rohres muss daher vor allen Dingen gepflegt werden. Im Wasser findet es sich bis 1 m, selbst bis 1,5 m Tiefe, gedeiht aber auch bis 0,5 m über dem Mittelwasser. Es hat den Vorzug, selbst in brackigem Wasser noch fortzukommen. Die Wurzel treibt 5 bis 10 cm tief im Boden wagerechte Schösslinge nach allen Seiten so, dass der Boden von ihnen vollständig durchflochten wird. Aus den Schösslingen wachsen die Rohrhalme senkrecht empor. Am Ufer und in geringer Wassertiefe dringen die Wurzeln in den Boden hinein; bei grösserer Tiefe aber bilden sie eine filzartige, schwimmende Decke, die sich bei niedrigem Wasserstande fest auf dem Boden auflegt, bei steigendem Wasser aber aufwärts schwimmt. Erst in späteren Jahren, wenn Sand und andere Bodenteile in die Rohrkämpen hineintreiben und die Wurzeldecke belasten, hört das Aufschwimmen auf.

Die Kultur des Rohres kann auf vier verschiedene Arten erfolgen: durch Saat, durch Stecklinge, durch Pflanzung von Wurzeln oder

*) Bezüglich des Inhalts der §§ 40—43 wird auf die in der Fussnote S. 612 bezeichnete ausführliche Abhandlung des Verfassers in der Zeitschrift für Bauwesen 1897, S. 453, verwiesen, aus der manches hier wiedergegeben worden ist.

Pflanzen von Ballen (Büscheln oder Bulten). Ueber die Kultur durch Saat, Stecklinge und Wurzeln s. Zeitschrift für Bauwesen 1897, S. 454.

Die Büschel- oder Bulten-Pflanzung ist die Pflanzungsart, die sich am besten bewährt hat und daher jetzt fast ausschliesslich angewandt wird. Sie wird ausgeführt so früh wie möglich in den Monaten Mai oder Juni. Früher ist sie selten ausführbar, weil die Arbeiter den Aufenthalt im kalten Wasser nicht ertragen können. Die Zeit muss gut ausgenutzt werden, denn schon von Mitte Juni ab ist der Erfolg unsicher. Die späteren Pflanzungen haben nicht Zeit genug zum Anwachsen und können dann dem Eise nicht widerstehen.

Zum Werben der Pflanzen werden zeitig im Frühjahr, sobald die Rohrspitzen über dem Wasser emporwachsen, aus vorhandenen Rohrkämpen Ballen in der Grösse von 0,22 m im Geviert herausgestochen. Sie müssen solchen Stellen entnommen werden, wo bei dichtestem Stande des Rohres der Ballen fest und gut zusammenhält und möglichst viel Halme trägt. Man sticht die Ballen mit einem scharfen Spaten entweder in schachbrettartigen Feldern oder in 1,5 m breiten Streifen aus. Zwischen den ausgestochenen Streifen bleiben eben so breite Streifen mit vollem Rohrbestande stehen. Auf diese Weise werden die Horste nicht zu sehr gelichtet, das Zusammenwachsen der Lücken wird erleichtert. Die Ballen werden möglichst vorsichtig in bereitgehaltene Nachen verladen; sie werden darin nebeneinander gestellt, nicht übereinander geschichtet. Wenn irgend angängig, sind sie sofort zu verpflanzen. Ist dies nicht ausführbar, müssen die Ballen längere Zeit aufbewahrt werden, so sind sie sorgfältig vor den Sonnenstrahlen zu schützen. Es geschieht dies am besten durch Einschlagen der Ballen am Ufer in den dort vorhandenen gewöhnlich feuchten Sand, nicht etwa durch Einlegen in seichtes Wasser. Denn dann würden die geringen Wellenbewegungen des Wassers den Boden aus den Ballen auswaschen und dadurch diese selbst unbrauchbar machen.

Die Wassertiefe, bis zu welcher das Pflanzen der Rohrballen möglich ist, beträgt 0,75 m, in der Regel wird 0,4 bis 0,5 m nicht überschritten, weil nur bei dem Pflanzen im flachen Wasser mit Sicherheit auf einen guten Erfolg gerechnet werden kann. Zu beachten ist, dass die Spitzen der Rohrhalme ein wenig aus dem Wasser emporragen, so dass die Ballen mit der Luft in Verbindung bleiben. Deshalb ist auch ein starkes Stutzen der Halme, das mitunter geschieht, nicht nur nicht erforderlich, sondern unter Umständen sogar schädlich. Knicken und Quetschen beim Ausheben und Verfahren muss nach Möglichkeit vermieden werden, doch sind Knicke und Quetschungen nicht besonders schädlich, sofern in flachem Wasser gepflanzt wird.

Am frischen Haff werden die Ballen gewöhnlich so verpflanzt, dass für die 22 cm grossen Bulten von einem Arbeiter möglichst schnell passende Löcher gegraben werden. Sie werden 1—2 m entfernt hergestellt und so tief, dass der hineingesetzte Ballen noch einige Centimeter unterhalb des umgebenden Erdbodens sich befindet. Dann wird von einem anderen Arbeiter der Ballen schnell und vorsichtig eingebracht, mit den Füssen festgetreten und der umliegende erhöhte Boden auf das Pflanzloch verscharrt. Alle diese Arbeiten erfordern eine gewisse Geschicklichkeit. Das Festtreten ist unbedingt erforderlich. Eine weitere Befestigung ist in sandigem und moorigem Boden entbehrlich, denn die Ballen saugen sich in solchen Böden bald fest.*)

Nur in bindigem Boden werden dann, wenn Wellenschlag und Eis zu fürchten sind, die Ballen genagelt. Dies geschieht entweder durch Hakenpfähle, die aus Reisig geschnitten werden oder durch 50 bis 60 cm lange Pfähle mit oberem Querpflock, die mit Hilfe eines Aufsetzers durch den Ballen geschlagen werden. Eine besondere Art der Nagelung, durch die gleichzeitig den jungen Pflanzen Schutz gegen Wellenschlag und Eis gegeben wurde, hatte der frühere Wasserbauinspektor Ladisch in Swinemünde bei der Befestigung der neuen Ufer der regulierten Swine ausgeführt. Es wurden ungefähr in der Höhe des mittleren Wasserstandes drei bis vier Längsreihen von Rohrballenpflanzen mit 1 m Entfernung angelegt und durch Querreihen mit 2 m Entfernung verbunden. In den Reihen wurden die Ballenpflanzen mit 0,5 m Entfernung gesetzt. Dann wurden nach Abb. 442 die jungen Rohrpflanzen mit Faschinenstrauch bedeckt und dies in Abständen von 0,6 bis 1,5 m durch je zwei schräg eingeschlagene, an ihren Köpfen mit Draht verbundene Buhnenpfähle zusammengehalten. Das Verfahren hat sich gut bewährt, das Rohr ist gut angewachsen und hat unter dem Eisschub nicht gelitten. Nach Bedarf müssen die Pfähle vor Eintritt des Frostes nachgeschlagen werden. (Zeitschrift f. Bauw. 1897, S. 458.)

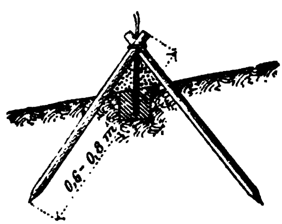


Abb. 442. Schutz der Rohrballenpflanzen nach Ladisch.

Stehen Ziegelbrocken oder andere kleine Steine zur Verfügung, so kann das Nageln auch dadurch ersetzt werden, dass man die Ballen mit Steinen belastet. Eine 10 cm hohe, locker aufgebrachte Schicht genügt zur Befestigung. Die Entwickelung des Rohres wird durch die Steindecke wenig beeinträchtigt.

*) Zeitschrift für Bauwesen 1897, S. 457.

Statt der grossen Ballen von 22 cm Breite, welche die Möglichkeit bieten, die Rohrballen gegen Wellenschlag durch Nagelung zu schützen, kann man auch dann, wenn ein heftiger Wellenschlag nicht zu befürchten, also die Nagelung nicht nötig ist, kleine Ballen zum Pflanzen benutzen. Es werden dann die grossen Ballen in vier Teile zerlegt so, dass zwei bis vier Halme in jedem Büschel bleiben. Diese Büschel werden in Reihen senkrecht oder parallel zum Ufer verpflanzt.

Das Pflanzen parallel zum Ufer verdient den Vorzug, weil es dabei leichter ist, die Ballen unmittelbar aus dem Nachen zu verwenden, und dadurch besondere Arbeiter für das Zutragen der Pflanzen entbehrlich werden.

Das Pflanzen geschieht in Reihen von 2 m Entfernung und in Abständen von 1 m innerhalb der Reihen. Durch Pfähle werden die Pflanzlinien abgesteckt. Zwischen diesen Pfählen wird der mit den Ballen beladene Nachen vorwärts geschoben. An beiden Seiten des Nachens sind zwei Arbeiter gleichzeitig mit dem Pflanzen beschäftigt: der erste drückt den Pflanzspaten tief in den Boden hinein, der zweite senkt den Rohrballen in das Wasser und führt ihn mit der Spitze des Fusses gegen die Rückseite des Spatens. In dem Augenblick, in dem der erste Arbeiter den Spaten aus dem Boden zieht, drückt der zweite den Ballen in das entstandene Pflanzloch hinein und tritt ihn mit dem Fuss von allen Seiten fest. Dies feste Eindrücken der Wurzelballen in die Pflanzlöcher ist besonders wichtig.

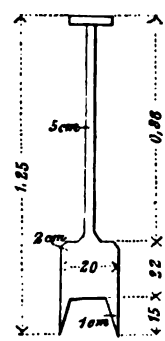


Abb. 443. Pflanzspaten für Rohrpflanzungen in weichem Boden.

Auf unzugänglichen versumpften Strecken, deren Betreten unmöglich ist, kann die Rohrpflanzung mit Hilfe eines Pflanzspatens nach Abb. 443 unmittelbar vom Nachen aus bewirkt werden. Aus festem 5 cm starken Holz wird ein Spaten geschnitten, der oben einen Quergriff, unten ein Blatt mit zwei spitz verlaufenden Zinken erhält. Der Nachen wird durch drei Arbeiter bemannt: der eine schiebt ihn zwischen den Reihen vorwärts, die beiden anderen nehmen nebeneinander auf einem Sitzbrett Platz, klemmen die vor ihnen liegenden Pflanzballen in den gabelförmigen Ausschnitt ihrer Spaten und drücken diese auf beiden Seiten des Nachens tief in den schlammigen Boden ein. Mit einem kurzen Ruck werden die Spaten emporgezogen; sie lassen alsdann die Ballen in dem Boden zurück. Auch hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Pflanzenspitzen stets über dem Wasser bleiben.

Das in späteren Jahren nötige Nachpflanzen des Rohres kann in der gleichen Weise durch Pflanzen von Ballen, unter Umständen auch durch Absenken des Rohres geschehen. Zu diesem Zweck werden kräftige Rohrhalme in der Richtung nach dem Ufer niedergelegt und durch Hakenpfähle festgehalten. Es entwickeln sich dann aus den Knoten neue Wurzeln.

Das Schneiden des Rohres darf nur im Spätherbst oder Winter geschehen. Das grüne Rohr leidet unter dem Schnitt während der Zeit des Wachstums, es verblutet sich und geht ein.

§ 41.

Binsen-Pflanzungen. Die Binse, Scirpus lacustris, bildet in tiefem Wasser dichte Bestände, besonders auf torfigem, weniger auf sandigem Boden. Sie erträgt wegen der ausserordentlichen Biegsamkeit des Halmes starke Angriffe durch Wellen und Stürme ohne geknickt, beschädigt, herausgerissen oder in der Wurzel gelockert zu werden. Aber die grosse Biegsamkeit giebt andererseits Veranlassung, dass die Binse einen viel geringeren Uferschutz liefert als das Rohr. Gänzlich verloren geht der Schutz, wenn die Binse im Herbst nach der Reife abstirbt und abbricht. Darum haben die Binsenpflanzungen den Nachteil, dass sie gerade in der stürmereichen Zeit während des Herbstes und Frühjahrs keinen Schutz gewähren. Aber durch das Absterben der Halme entsteht wiederum der Vorteil, dass die Pflanzen durch das Eis nicht leiden, denn sie werden von ihm nicht getroffen. Die Entwickelung der Wurzel ist wesentlich verschieden von derjenigen der Rohrwurzel. Während das Rohr kräftige Ausläufer treibt, die den Boden nach allen Richtungen hin durchziehen, treibt die Binse vom Wurzelstock aus eine grosse Zahl feiner Faserwurzeln, welche den Boden unmittelbar neben der Pflanze filzartig ausfüllen und ihn dadurch befestigen.

Die Binse kann wie das Rohr durch Saat oder Büschel fortgepflanzt werden. Der grösseren Zuverlässigkeit wegen geschieht die Kultur meist durch Büschel oder Ballen. Hierbei ist zunächst dafür zu sorgen, dass die Büschel von einer Stelle entnommen werden, deren Boden dem der Pflanzstelle entspricht, und wo der vorhandene Binsenbestand recht dicht und fest ist. Sie werden dann wie die Rohrballen 25 bis 30 cm gross gestochen und kurze Zeit vor dem Einpflanzen mit einem scharfen Spaten in kleine Teile zerlegt, so dass je nach dem Zusammenhalten in jedem Ballen 5 bis 10 Halme bleiben.

Das Pflanzen der Binse bietet gegenüber dem Pflanzen des Rohres viel Erleichterungen. Zunächst kann es während des ganzen Sommers von Mitte Mai bis Ende Oktober geschehen, wogegen das

Pflanzen des Rohres Mitte oder Ende Juni schon aufhören muss. Denn da die Binse im Herbst abstirbt, das Eis ihr nicht schaden kann, so hat das späte Pflanzen keine Bedenken. Sodann sind bei der Binse auch nicht zwei Arbeiter für jeden Ballen erforderlich, sondern ein einziger genügt. Dieser stösst einen kiefernen Pflanzspaten einige Centimeter tief in den Boden und stellt dicht hinter ihn eine Ballenpflanze. Sie wird mit den Zehen des Fusses festgehalten, der Spaten darauf mit beiden Händen am Quergriff gefasst, hin und her bewegt und kräftig nach unten gedrückt. Gleichzeitig wird der Ballen mit den Zehen nachgestossen. Dadurch sinkt er ziemlich schnell ungefähr 10 bis 15 cm tief in den aufgelockerten Boden hinein, die Pflanze steht fest und bedarf keiner weiteren Sicherung. Die Entfernung der Pflanzen beträgt 0,5 bis 1 m. Ihre enge Stellung ist dadurch begründet, dass bei Binsen das Material wohlfeil ist, und es gewöhnlich darauf ankommt, recht schnell dichte Horste zu gewinnen. Die Tiefe, bis zu der die Binsen gepflanzt werden, hängt von der Körpergrösse der Arbeiter ab; sie kann bis 1 m zunehmen. Gewöhnlich 5 Jahre nach der Pflanzung sind die Bestände dicht geschlossen.

Sollen die Binsen in grösserer Tiefe gepflanzt werden, so kann dies dadurch geschehen, dass man mit Hilfe von Draht einen genügend schweren Stein an jedem Binsenballen befestigt und die so belasteten Ballen vom Nachen aus in das Wasser versenkt. Die Steine begünstigen das Ansaugen der Ballen in dem Boden. In dieser Weise sind die Binsenpflanzungen in dem tiefem Wasser des Stettiner Haffs an den Einfahrtsmolen der Kaiserfahrt ausgeführt worden. (Zeitschrift für Bauwesen 1897, S. 460).

Da die biegsame Binse Sturm und Wellenschlag gut erträgt, auch durch das Eis nicht leidet, so hat man Binsenanlagen dazu benutzt, um die schwerer zu gewinnenden Rohrkulturen allein unter dem Schutz der Binsen ohne die kostspielige Anlage von Buhnen zu erzielen. Es muss dann bei dem Pflanzen der Binsen auf die künftige Anlage des Rohres Rücksicht genommen werden. Die Binsen werden in angemessener Entfernung vom Ufer und parallel zu ihm in 2 m weiten Reihen und 1 m Abstand in den Reihen gepflanzt. Im zweiten, spätestens im dritten Jahre sind sie genügend angewachsen, um ausreichenden Schutz für die nun folgende Rohrpflanzung zu liefern. Diese kann sehr sparsam ausgeführt werden. Nur drei bis fünf Reihen Rohr haben genügt, um seine Ausbreitung zu dichten Beständen zu ermöglichen. Ist das Rohr erst einmal angewachsen, so wuchert es unter dem Schutz der Binse bald so kräftig, dass es die Binsenpflanzung selbst verdrängt. Dies beruht in der

Wurzelentwickelung des Rohres. Die kräftigen Ausläufer des Rohres durchdringen die aus den Faserwurzeln der Binsen gebildete filzartige Decke und nehmen ihnen die Lebensfähigkeit. Nur im tiefen Wasser, wo das Rohr nicht im gleichen Maasse gedeihen kann, behalten die Binsen ihr Vorrecht.

§ 42.

Schilf-Pflanzungen. Schilf kommt für die Uferbefestigung in folgenden Arten zur Verwendung: am gebräuchlichsten ist Acorus Calamus, der gemeine Kalmus, demnächst Iris pseudacorus Bastardkalmus, ferner Typha latifolia das breitblättrige, und Thypha angustifolia, das schmalblättrige Kolbenrohr. Alle diese Pflanzen leiden wenig oder garnicht durch den Wellenschlag, sie leiden auch wenig durch das Eis, sind dauernd, verbreiten sich schnell und bilden dichte Bestände. Sie eignen sich am besten für die Uferstrecken in Höhe des Mittelwassers. Die elastischen Blätter geben leicht nach und können heftige Stürme, sogar eine gänzliche Ueberschwemmung auf längere Zeit im Sommer ertragen. Für Kalmus ist torfiger, für die übrigen Schilfarten sandiger Boden am besten geeignet.

Das Pflanzen des Schilfs geschieht durch Ballen, beim Kalmus auch durch Wurzeln. Die Kalmuswurzelstöcke werden durch dreizinkige gekrümmte Gabeln herausgehoben und mit langstieligen Sicheln geschnitten. Die Ballen werden im Mai oder Juni 25—30 cm gross gestochen und von Mitte Mai bis Ende Juli gepflanzt. Hierbei ist zu beachten, dass der Boden der Pflanzstätte dem Boden des früheren Standortes möglichst entspreche. Das Schilf wird mit 0,5 m Abstand in Reihen von 0,5 m Entfernung gesetzt. Die Löcher werden so tief hergestellt, dass die Wurzelballen 10 cm hoch bedeckt werden können. Sie müssen gut verscharrt und festgetreten werden. Ist noch eine weitere Befestigung nötig, so empfiehlt sich die Ueberdeckung der Schilfpflanzen mit Ziegelbrocken in 10 cm Höhe, nachdem die Pflanzen vorher ungefähr 15 cm hoch über der Wurzel abgeschnitten worden waren. Die Tiefe, bis zu der das Schilf gepflanzt werden kann, reicht bis 0,3 m unter den gewöhnlichen Sommerwasserstand, die Höhe bis 0,3 m über diesen Wasserspiegel.

Die Kosten der Binsen-, Rohr- und Schilf-Pflanzungen betragen ungefähr 1,20 bis 2 M. für 100 Ballenpflanzen, je nach dem Tagelohn der Arbeiter. Ein Hektar Binsenpflanzung kostet im frischen Haff ungefähr 300 M., ein Hektar Rohrpflanzung 600 M., sofern die Pflanzen in der Nähe zu haben sind. Müssen sie aus grösserer Ferne bezogen werden, so erhöhen sich die Kosten um die Ausgaben für die Beförderung.



Abb. 444. Schwarzort mit Rohrhorsten am kurischen Haff. (Aufn. d. Verf. v. Dampfer Bleeck 1899.)

Bei der Unterhaltung der Binsen-, Rohr- und Schilfanlagen ist hauptsächlich dafür zu sorgen, dass Fischerkähne und Weidevieh sie nicht beschädigen. Zum Schutz gegen das Weidevieh sind Umfriedigungen mit Stacheldraht erforderlich, die die Anlagen auf dem Lande umschliessen und weit genug in das Wasser reichen. Zur Sicherung gegen die Verwüstungen durch Fischerkähne hat es sich bewährt, von vornherein Lücken in den Pflanzungen anzulegen, die senkrecht gegen das Ufer gerichtet werden, und als Durchfahrten das Landen der Kähne ermöglichen. Diese Lücken beeinträchtigen den Uferschutz nicht erheblich, sofern sie nicht zu breit angelegt worden waren. Je nach dem Bedürfnis genügt 5 bis 20 m Breite. Abb. 444 zeigt die Rohrhorste und die darin angelegten Durchfahrten vor dem Fischerdorf Schwarzort am kurischen Haff, und Abb. 211, S. 301 die Rohrhorste bei Narmeln im frischen Haff. Abb. 445 stellt als Fortsetzung von Abb. 444 den nördlichen Teil von Schwarzort, den dort vorhandenen Bernsteinhafen und die an den Bestand von alten Bäumen anschliessende Wanderdüne dar; wie Abb. 40, S. 84 eine Vorstellung gab von dem südlichen Teil des Ortes und seiner Lage neben der Wanderdüne.

§ 43.

Weiden-Pflanzungen. Von den zahlreichen Weidenarten eignen sich der günstigen Wurzelentwickelung wegen für die Uferbefestigung am besten Salix amygdalina, purpurea, viminalis und caspica (vergl. S. 245). Die Kultur geschieht fast stets durch Stecklinge. Sie werden von starken Trieben genommen und 20 bis 45 cm lang geschnitten; 20 cm genügt bei schwerem Boden, 35 bis 45 cm Länge ist in moorigen und allen lockeren Bodenarten erforderlich. Nur bei Nachpflanzungen im zweiten oder dritten Jahre werden ausnahmsweise 60 bis 80 cm lange Weiden verwendet. Die Stecklinge dürfen im allgemeinen nicht zu dünn sein, weil sie sonst in trockenen Frühjahren zu leicht ausdörren. Sie müssen auch möglichst unbeschädigt sein, keine Verletzungen in der Rinde oder am Schnitt zeigen, auch dürfen sie nur im Herbst oder Frühjahr, jedenfalls vor dem 1. März geschnitten worden sein. Die geschnittenen Stecklinge sind zur Verhütung des Austrocknens nicht im Freien aufzubewahren oder trockenem Frost auszusetzen; sie sind vielmehr sofort nach dem Schnitt in Bündeln von je 100 Stück zu verpacken und vollständig unter Wasser zu versenken. Dort können sie ohne Schaden bis zum Juni aufbewahrt werden.

Noch besser ist es, nicht fertig geschnittene Stecklinge zu beziehen, sondern das Holz in ganzen Ruten kommen und die Stecklinge erst während des Pflanzens schneiden zu lassen. Es leiden dann die Pflanzen bei der Beförderung weniger, und die Stecklinge kommen



Abb. 445. Schwarzort mit der Wanderdüne im Norden, vom kurischen Haff aus. (Aufn. d. Verf. 1899.)

frisch in den Boden. Die Ruten werden in die Erde versenkt, dann dicht über dem Boden scharf abgeschnitten und das übrig bleibende Stück sofort wieder versenkt, geschnitten u. s. f.

Das Pflanzen der Stecklinge geschieht von Mitte Oktober bis Ende Mai, ausnahmsweise auch bis Juni. Der im Herbst gesetzte Steckling treibt zeitiger als der im Frühjahr gepflanzte. Das Setzen wird am besten ohne Pflanzstock mit der Hand ausgeführt: der Steckling wird mit der hohlen Hand, die durch ein nicht zu hartes Leder geschützt werden kann, lotrecht, nicht schräg, bis zu vollständiger Tiefe eingedrückt. Niemals darf mit dem Fuss nachgestossen werden, weil sonst die Pflanze leicht verletzt wird. Das volle Einsenken in den Boden ist nötig, um den Steckling vor Schaden durch Insekten und vor Austrocknung zu bewahren. Es ist sogar zweckmässig, zu dem Ende den Kopf des Stecklings mit Boden in geringer Höhe zu überdecken. Ist die Bodenart leicht, so dringen die obersten Knospen bald durch die schwache Decke hindurch. In schweren Bodenarten ist zu empfehlen, ein bis drei Keime aus dem Erdboden hervorragen zu lasen. Die Benutzung eines Pflanzstockes ist nur bei kiesigen oder steinigen Bodenarten erforderlich, in denen der Steckling während des Pflanzens aufreissen könnte.

Die in späteren Jahren zu Nachpflanzungen bestimmten kräftigen 75 cm langen Stecklinge werden bis zur halben Länge in den Boden versenkt. Würde man in solchen Fällen kurze Stecklinge verwenden und sie bis zur vollen Tiefe versenken, so würden die Pflanzen nicht zur Geltung kommen. Sie würden von den besser entwickelten benachbarten Weiden erdrückt werden. Die Nachpflanzungen sind unvermeidlich, denn bei jeder Anlage sterben einzelne Pflanzen ab. Es ist jedoch das Nachpflanzen nur in den ersten zwei oder drei Jahren geboten. Später hat es keinen Erfolg mehr, weil der Steckling in der entwickelten Anlage nur kümmerlich bleiben und verdorren würde. Dann empfiehlt es sich bei grösseren Lücken starke Ruten als Absenker in der Richtung der Reihen auf den Boden zu legen und hier und da mit Erde zu bedecken. Sie etwickeln kräftige Schüsse, durch welche die Lücken gefüllt werden.

Die Stecklinge werden an dem Ufer in Reihen gepflanzt und zwar am besten in Reihen senkrecht zur Wasserlinie, weil dann die Entwässerung des Landes gut vor sich gehen kann. Die Reihen erhalten 50 cm Entfernung, die Stecklinge in den Reihen 15 bis 30 auch 40 cm.

Das Pflanzen der Weiden auf dem Haffstrande erfolgt am wirksamsten erst von 0,3 bis 0,5 m Höhe über dem gewöhlichen Sommerwasserstande. Zwischen dieser Höhe und dem Wasserspiegel

geben Rohr und Schilf eine bessere Befestigung des Bodens als die Weide. Denn die Weide treibt kräftige Wurzeln vorzugsweise oberhalb des Grundwassers, weniger innerhalb desselben. Bis zum Fuss der Weidenpflanzungen müssen darum die Rohr- oder Schilfpflanzungen fortgesetzt werden.

Die Unterhaltung einer Weidenanlage ist in Gewässern mit starkem Wellenschlag und Eis besonders schwierig.

Verfasser empfiehlt nach seinen am kurischen Haff gemachten Beobachtungen, den unteren Teil des Weidestreifens unter kurzer Schur mit zwei bis längstens dreijährigem Schnitt zu halten. Dann wird durch die kräftige Bewurzelung der Boden gut befestigt. Der Schnitt muss im November vor Eintritt des Winters und zwar möglichst dicht über dem Boden geführt werden. Der obere Teil des Weidestreifens ist zu kräftigen Stämmen von der Dicke eines Armes auszubilden. Solche Stämme vermögen besser als die biegsamen Ruten den Eisschub zu ertragen und das dahinter befindliche Land zu schützen. Eine grössere Dicke ist nicht zuzulassen, weil die Weiden sonst leicht ihre Biegsamkeit verlieren. Es ist daher rechtzeitig für Nachwuchs zu sorgen, um die überstarken Stämme beseitigen zu können. Die noch in der Entwickelung begriffenen Weidenanlagen sind wie die jungen Rohrpflanzungen durch Warnungstafeln und Einfriedigungen vor den Zerstörungen durch Menschen und Weidevieh zu schützen.

Namen botanischer Autoren

des dritten Abschnitts mit ihren Abkürzungen.

Achar = Acharius.
All. = Allioni.
Anders. = Andersson.
Ant. = Antoine.
Aschers. = Ascherson.
Bernh. = Bernhardi.
Big. = Bigelow.
Bong. = Bongard.
Brid. = Bridel-Brideri.
Br. et Sch. = Bruch et Schimper.
Cel. = Celakovský.
DC. = De Caudolle (A.).
Degl. = Degland.
Dougl. = Douglas.
Drej. = Drejer.
Dum. resp. Du Mort. = Dumortier.
Ehrh. = Ehrhart.
Endl. = Endlicher.
Engl. Bot. = English Botany.
Fr. = Fries (Elias).
Th. Fr. = Theodor Fries.
Gaertn. = Gaertner.
Gaud. = Gaudin.
Good. = Goodenough.
Hausskn. = Haussknecht.
Hedw. = Hedwig.
Hoffm. = Hoffmann.
L. = Linné.
Lah. = Laharpe.
Lamb. = Lambert.
Lamk. = Lamarck, de la Marck.
Lk. = Link.
Mich. = Micheli.
Mill. = Miller.
Murr. = Murray.
Nyl. = Nylander.
P. B. resp. Pal. de B. = Palisot de Beauvois.
Pers. = Persoon.
Poir. = Poiret.
R. et Sch. resp. Röm. et Schult. = Roemer et Schultes.
R. Br. = Robert Brown.
Rchb. = Reichenbach (Ludwig).
Rupr. = Ruprecht.
Salisb. = Salisbury.
Schldl. = v. Schlechtendal.
Schleich. = Schleicher.
Schreb. = Schreber.
Schweigg. = Schweigger.
Scop. = Scopoli.
Sm. = Smith.
Sw. = Swartz.
Thuill. = Thuillier.
Thunb. = Thunberg.
Vill. = Villars.
W. et K. resp. Waldst. et Kit. = Graf von Waldstein et Kitaibel.
Wahlenb. = Wahlenberg.
Web. = Weber.
Wendl. = Wendland.
Weig. = Weigel.
Willd. = Willdenow.
Willk. = Willkomm.
Wimm. = Wimmer.
With. = Withering.

Litteratur.

Beckmann, Nik., Oberdeichgraf in Harburg: Bericht über die Mittel, welche in Flandern und Holland angewendet werden, um die Dünen zu erhalten und zu verstärken. Im 90—98. Stück des Hannoverischen Magazins von 1712.

Camerer, Joh. Friedr.: Beschreibungen und Nachrichten von der Insel Sylt. Vermischte historisch-politische Nachrichten und Briefe von einigen merkwürdigen Gegenden der Herzogtümer Schleswig und Holstein. Flensburg und Leipzig. 1762.

Herrn Johann Daniel Titius, der Naturlehre Professors, und der Zeit Rector der Universität zu Wittenberg, und der öconomischen Gesellschaft zu Leipzig Mitgliedes, Abhandlung über die von der naturforschenden Gesellschaft in Danzig aufgegebene Frage: Welches die dienlichsten und am wenigsten kostbaren Mittel sind, der überhandnehmenden Versandung in der Danziger Nähring vorzubeugen und dem weiteren Anwachs der Sanddünen abzuhelfen, welcher der aus dem Vermächtniss des seligen Herrn Johann Samuel Verchs, Herzoglich-Sachsen-Weimar-Eisenachischen Hofraths herkommende Preis am 10. May 1768 zuerkannt worden, nebst der auf wohlgedachten Herrn Stifter an demselben Tage gehaltenen Lobrede. Leipzig, bei Adam Heinrich Hollens Wittwe 1768.

Mémoire de la Société d'Agriculture de Rouen I. Bd. S. 321.

Capelle, Journal de la Société de Santé et d'Histoire naturale de Bordeaux II. Bd. S. 5.

Viborg, Erich: Beschreibung der Sandgewächse und ihrer Anwendung zur Hemmung des Flugsandes auf der Küste von Jütland. Aus dem Dänischen von J. Petersen. Mit 7 Kupfern. Kopenhagen bei Proft 1789.

von Burgsdorf, F. A. L., Oberforstmeister: Forsthandbuch 2. Aufl. 1789. S. 414.

Mémoire d'agriculture. Paris 1786 automne; 1787 automne; 1791 hiver.

Sören Biörn, Plantageninspektor: Ueber die beste Art, der allmähligen Versandung der Nehrung durch Dühnenbau und Bepflanzung möglichst vorzubeugen. In der „Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten, die Baukunst betreffend“, herausgegeben von mehreren Mitgliedern des Königl. Preuss. Ober-Bau-Departements. Berlin 1798, II. Teil S. 81.

Brémontier, N. T. Inspecteur général des ponts et chaussées: Mémoire sur les dunes, et particulièrement sur celles qui se trouvent entre Bayonne

et la pointe de Grave, à l'embouchure de la Gironde. Geschrieben 1798. Mit ergänzenden späteren Mitteilungen veröffentlicht in den „Annales des ponts et chaussées". Paris 1833 I. Halbjahr, S. 145.

Karsten, F. C. L., Professor: Geschichte der auf den Dünen zu Warnemünde vorgenommenen Anpflanzungs-Versuche. Rostock 1801.

Siemssen, Adolph Christian. M. Ueber die sicherste Befestigung und nutzbarste Bepflanzung der Dünen zu Warnemünde, ein physicalisch-ökonomischer Versuch, bey der allgemeinen Versammlung der Naturforschenden Gesellschaft zu Rostock am 5. Januar 1803 vorgelesen. Rostock bei Adler.

Sören Biörn, Ober-Plantagen-Inspektor: Uebersicht der vortheilhaftesten Behandlung und Benutzung der preussischen Weidenarten. Danzig bei Ferd. Troschel 1804.

Sören Biörn, Cammer-Commissions-Rath und Ober-Plantagen-Inspektor: Ueber die vortheilhafteste Behandlungs-Methode bei Besamung und Bepflanzung der Kiefern auf mageren, vorzüglich auf ganz sandigen Boden, Sandschollen und Sanddünen u. s. w. Danzig bei Ferd. Troschel 1807.

von Kropff, C. Ph., Oberforstmeister: System und Grundsätze bey Vermessung, Eintheilung, Abschätzung, Bewirthschaftung und Cultur der Forsten. XIV. Kap. Von der Cultur der Sandschollen S. 529. Berlin bei G. Decker 1807

Sören Biörn: Bemerkungen über die vormahlige und gegenwärtige Lage und Beschaffenheit der preussischen und Danziger südbaltischen Ufer, wie auch über die Entstehung der nehrungschen Halbinseln und über den Ursprung des Bernsteins, welcher an diesen Ufern gefunden wird. Danzig bei Ferd. Troschel 1808.

Karsten, F. C. L, Professor: Ueber die Warnemünder Dünenpflanzung. Abhandlung in den „Neuen Annalen der Mecklenburgischen Landwirtschafts-Gesellschaft" 4. Jahrg. S. 171. Rostock bei Stiller 1817.

Karsten, Franz Christian Lorenz, Professor: Mein letztes Wort über die Warnemünder Dünen-Bepflanzung. In den „Neuen Annalen der Mecklenburgischen Landwirtschafts-Gesellschaft", 7. Jahrg., 2 Hälfte, S. 452. Rostock bei Stiller 1820.

Meier: Beschreibung des Tidswilder Flugsanddistriktes auf Seeland, seiner Dämpfung und der darauf unternommenen Holzkulturen. In Nilmann's „Vaterländischen Waldberichten". Altona bei Hommerich 1820.

Mertens, F. C.: Zur Flora von Norderney. In v. Halem, Die Insel Norderney, S. 75—83. 1822.

Meyer, G. F. W.: Ueber die Vegetation der ostfriesischen Inseln mit besonderer Rücksicht auf Norderney. Im Hannoversch. Magazin, Stück 99—101, 19—25 und 44—48. 1823/24.

Feldt: Beschreibung der Bodenbeschaffenheit der frischen Nehrung bei Danzig. Uebersicht der Arbeiten der schlesischen Gesellschaft für vaterl. Cultur vom Jahre 1826, S. 34. 6. Bull. der naturw. Sektion 1826, S. 27.

Blesson, Hauptmann im Ingenieur-Corps: Bemerkungen über Sand und Dünen. Abhandlung in der „Hertha", Zeitschrift für Erd-, Völker- und

Staatenkunde, herausgegeben von Heinrich Berghaus. Bd. II, S. 177. Stuttgart und Tübingen bei Cotta 1828.

Homann, G. G. J.: Flora von Pommern. Cöslin 1828—1835.

Jachmann: Nachrichten über die Kurische Nehrung. Preussische Provinzialblätter I, S. 195—220 und 310—334. Königsberg 1829.

Hartig, Theod., Forst-Referendarius: Ueber Bildung und Befestigung der Dünen längs den Meeresküsten und über den Anbau der Sandschollen mit Holz. Berlin bei Duncker und Humblot 1830.

Wutzke, J. C.: Bemerkungen über die Entstehung und den gegenwärtigen Zustand des Kurischen Haffs und der Nehrung, und über den Hafen bei Memel. Preuss. Provinzialblätter V, S. 122—128. Königsberg 1831.

Emy, A. R.: Du mouvement des ondes et des travaux hydrauliques maritimes Paris 1831. Ueber die Bewegung der Wellen und über den Bau am Meere und im Meere. Aus dem Französischen von Professor C. Wiesenfeld in Prag. Wien 1839.

von Pannewitz, Julius, Ober-Forst-Meister: Anleitung zum Anbau der Sandflächen im Binnenlande und auf den Strand-Dünen. Marienwerder bei Alb. Baumann 1832.

Bley (Senden und Nees v. Esenbeck), Catalogus plantarum phanerogamicarum in Insula Norderney lectarum (Flora I, S. 136 und S. 75) 1832.

Wutzke: Beschreibung des frischen Haffes, der Nehrung, des Hafens bei Pillau u. s. w. Preuss. Provinzialblätter VII, S. 356—364, 462—470 594—604, IX, S. 42—56, 151—165, 261—268, 429—440, 568—574, 668—675. Königsberg 1832—1833.

Müller, Karl: Flora der Insel Wangerooge Flora XXII, S. 609. 1839.

Zernecke, W. F.: Der Dünendurchbruch bei Neufähr in der frischen Nehrung am 1. Februar 1840. Preuss. Provinzialblätter XXIII, S. 359—363. Königsberg 1840.

Forchhammer, G.: Geognostische Studien am Meeresufer. Abhandlung im „Jahrbuch für Mineralogie und Geographie“ von Leonhard und Bronn. 1841.

Koch, H. und Brennecke: Flora von Wangerooge. Wissenschaftliche Beilage zu den Jeverländischen Nachrichten Nr. 12. 1844.

Laval, M., Ingénieur en chef, directeur des ponts et chaussées: Mémoire sur les dunes du golfe de Gascogne, contenant le résultat d'expériences et d'observations sur le mouvement et la marche de ces dunes et sur les travaux destinés à les fixer. In den „Annales des ponts et chaussées“ 1847, II. Halbjahr, S. 218.

v. Klinggraeff, Carl Julius, Dr.: Flora von Preussen. Marienwerder. 1848 1. Nachtrag zur Flora von Preussen. Marienwerder 1854. 2. Nachtrag. Die Vegetationsverhältnisse der Provinz Preussen. Marienwerder 1866.

Lantzius-Beninga, Sk.: Beiträge zur Kenntnis der Flora Ostfrieslands. 1849.

Krause, G. C. A., Dünenbau-Inspektor zu Danzig: Der Dünenbau auf den Ostseeküsten West-Preussens. Ein praktisches Lehrbuch auf Anordnung der Königlichen Preussischen Regierung ausgearbeitet. Nebst einer Küstenkarte und 6 Blättern. Berlin, Carl Reimarus' Verlag. W. Ernst 1850.

C. Patze, E. Meyer und L. Elkan: Flora der Provinz Preussen. Königsberg 1850 (1. Lieferung bereits im April 1848 erschienen).

Willkomm, M., Professor: Vegetation der Strand- und Steppengebiete der iberischen Halbinsel 1852.

Hauser, C. P.: Chronik der friesischen Uthlande. Altona 1856.

Plener, Oberbaurath: Bemerkungen über die ostfriesischen Inseln in geognostischer und hydrotechnischer Beziehung. In der „Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover", Band II, S. 44. Hannover bei Schmorl und von Seefeld. 1856.

Razeburg, Professor: Die Sandgewächse der pommerschen Küste. In den „Kritischen Blättern für Forst- und Jagdwissenschaft" von D. Pfeil, 39. Bd., 2. Heft. 1857.

Morès: Note sur la constitution générale du Sahara au sud de la province d'Oran. Bull. soc. géol. de France (2), Bd. 14, p. 524. Paris 1857.

Weigelt, G.: Die nordfriesischen Inseln vormals und jetzt. Hamburg 1858.

Cleghorn: On the sandbinding plants of the Madras beach. In Hooker's Lond. Journal of botany. 1858.

Ratzeburg, Prof. Dr.: Die Vegetation der Küste, in ihren ursächlichen Momenten geprüft, mit der des Binnenlandes verglichen. In den Verhandlungen des botanischen Vereins für die Provinz Brandenburg und die angrenzenden Länder. Berlin 1859. S. 53.)

Foste, W. King u. A.: Ueber die Dünen Indiens. In „Memoirs of the geological survey of India", I, 1859, S. 275; IV, 1864, S. 249 undX, 1873, S. 9.

Schiötz, Th.: Beretning om en Botanisk Reise, foretaget i Sommeren 1858 i Landskabet mellem Slesvig, Rendsborg og Eckernförde, samt paa Vesterhavs-Oerne Amrom, För og Sild. (Videnskabelige Meddelelser I, S. 117—168.) 1860.

v. Maack: Das urgeschichtliche Schleswig-Holsteinsche Land. Ein Beitrag zur historischen Geographie. Zeitschrift für allgemeine Erdkunde, N. F. Bd. VIII. Berlin 1860.

Schumann, J.: „Der Strand zwischen Rossitten und Sarkau" und „Aus Schwarzort". Zwei Abhandlungen in den ‚Neuen Preussischen Provinzial-Blättern'. Dritte Folge. Herausgegeben von X. v. Hasenkamp. Bd. VI (64), S. 42 u. 160. Königsberg i. P. bei Ferd. Beyer 1860.

Andresen, C. C.: Om Klitformationen og Klittens Behandling og Bestyrelse. Med 28 Traesnit og 1 Kort. Kjöbenhavn 1861.

Riefkohl, Dr. F.: Die Insel Norderney. Hannover bei Schmorl und v. Seefeld 1861.

Klinsmann: Ueber Bildung und Entstehung von Humus und Festlegung des fliessenden Dünensandes durch Steresnema Chthonoblastus Al. Br. In den Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft II, S. 127. Königsberg 1861.

Foss: Die preussischen Ostseeküsten. Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde, XI, S. 247. Berlin 1861.

Peters, Wilh.: Die Heidflächen Norddeutschlands. Preisschrift. Hannover bei Meyer 1862.

Woods Geological Observations in South Australia. London 1862. p. 218.
Hagen, Gotthilf, Ober-Landesbaudirektor in Berlin: Handbuch der Wasserbaukunst, III. Teil: Das Meer. Seeufer- und Hafen-Bau, I. Bd., §§ 1—12 und II. Bd., §§ 20—28. Berlin bei Ernst und Korn 1863.
Wessel, A. W.: Die Nordsee-Insel Spiekeroog. 1863.
Vatonnes: Etudes sur les terrains et sur les eaux des pays traversés, in Mission de Ghâdames. Alger 1863.
Caspary, Robert, Professor Dr.: Ueber die Flora von Preussen. In „Die Provinz Preussen. Geschichte ihrer Kultur und Beschreibung ihrer land- und forstwirtschaftlichen Verhältnisse“. Festgabe für die Mitglieder der XXIV. Versammlung deutscher Land- und Forstwirte zu Königsberg i. Pr. Königsberg 1863.
Duveyrier: Les Touareg du Nord. In: Exploration du Sahara I. 1864.
Meier, Hermann: Die Insel Borkum. In der Zeitschrift „Natur“ von Dr. Ule. 1864, No. 28.
Tolle, A., Condukteur: Die Schutzwerke der Insel Norderney. In der „Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover“, Bd. X, S. 311. Hannover bei Schmorl und v. Seefeld 1864.
Reclus, Elisé: Etude sur les dunes. Bulletin de la Société de géographie (5), IX, p. 193. Paris 1865.
Maak, Dr., in Kiel: Die Dünen Jütlands. Aufsatz, frei bearbeitet nach Andresen in der „Zeitschrift für allgemeine Erdkunde“ von Professor Dr. Koner, Bd. 19, 1865.
Willkomm, Professor Dr. in Tharandt: Die Dünen an den west- und ostpreussischen Küsten. In den ‚Kritischen Blättern für Forst- und Jagdwissenschaft‘ von Prof. Dr. Pfeil, fortgesetzt von Prof. Dr. Nördlinger, 47. Bd., 2. Heft, S. 170. 1865.
Graf Baudissin, Adelbert: Bericht über die Dünen der Insel Silt. Separatabdruck aus der „Norddeutschen Zeitung“. Flensburg bei Herzbruch 1865.
Berenberg, Karl: Die Nordsee-Inseln an der deutschen Küste nebst ihren Seebad-Anstalten. 2. Aufl. Hannover bei Schmorl und v. Seefeld 1866.
Baudissin, Adelbert: Blicke in die Zukunft der nordfriesischen Inseln und der Schleswigschen Festlandsküste. Schleswig bei A. Spethmann & Co. 1867.
Eiben, C. E.: Verzeichniss der auf der ostfriesischen Insel Norderney wachsenden Laubmoose (Hedwigia VI, S. 81). 1867.
Lasius, O., Oberbaudirektor in Oldenburg: Wangeroog und seine Seezeichen. In der „Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover“, Bd. XIII, 1867, S. 157.
Eiben, C. E.: Beiträge zur Cryptogamen-Flora der ostfriesischen Insel Borkum (Hedwigia VII, S. 19; Nachtrag dazu S. 61). 1868.
Marsson, Dr. Th.: Flora von Neu-Vorpommern und Rügen, 1869.
Hallier, Ernst: Helgoland. Nordseestudien, 2. Ausgabe. Hamburg 1869.
Schumann, Julius, Oberlehrer in Königsberg: Geologische Wanderungen durch Ostpreussen, S. 228. Königsberg bei Hübner & Matz 1869.
Berendt, Dr. G., Bergreferendar und Privat-Dozent: Geologie des Kurischen Haffes und seiner Umgebung. Königsberg bei W. Koch 1869.

Holkema, F.: De plantengroei der Nederlandsche Nordsee-Eilanden. Amsterdam 1870.

Prestel, Dr. M. A. F.: Der Boden der Ostfriesischen Halbinsel Emden, 1870.

Buchenau, Franz, Professor Dr.: Bemerkungen über die Flora der ostfriesischen Inseln. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, II, S. 201. Bremen 1870.

Eiben, C. E.: Beiträge zur phykologischen Charakteristik der ostfriesischen Inseln und Küsten. 20. Jahresbericht der naturhistor. Gesellschaft zu Hannover, S. 37. 1871.

Nöldecke, Carl: Flora der ostfriesischen Inseln mit Einschluss von Wangeroog. Abhandlungen des naturw. Vereins zu Bremen, III, S. 93. 1872.

Buchenau, Franz und Focke, W. O.: Die Salicornien der deutschen Nordseeküste. In den Abhandlungen des naturwissenschaftl. Vereins zu Bremen, III, S. 199. 1872.

Eiben, C. E.: Beitrag zur Laubmoosflora der ostfriesischen Inseln. Abhandlungen des naturwissenschaftl. Vereins zu Bremen, III, S. 212. 1872.

Schaefer, H.: Zur Kenntniss der Vegetationsverhältnisse von Neu-Vorpommern und Rügen. Inaugural-Dissertation. Kiel 1892, S. 33.

Delesse: Lithologie du fond des mers. Paris 1872.

Martius, Ch.: Von Spitzbergen zur Sahara. Deutsch von Prof. Dr. Carl Vogt in Genf. Jena 1872.

Pomel, A.: le Sahara. Alger 1872.

Wessely, Josef, General-Domänen-Inspektor in Wien: Der Europäische Flugsand und seine Kultur. Wien bei Carl Fromme 1873. (Enthält S. 256 Litteratur über Binnendünenkulturen besonders in Ungarn.)

Focke, W. O.: Beiträge zur Kenntniss der Flora der ostfriesischen Inseln. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, III 205, S. 549. 1873.

Schiefferdecker, Dr. Paul: Bericht über eine Reise zur Erforschung der Kurischen Nehrung in archäologischer Hinsicht. Schriften physikal. ökonom. Gesellsch. Königsberg bei W. Koch 1873.

de Vasselot de Régné, Conservateur des éaux et forêts: La dune littorale. In „Revue des éaux et forêts". 1875.

Ueber Wanderdünen am Kap Comorin. In der Zeitschrift „The Nature". XII, p. 73. London 1875.

v. Fischer-Benzon, R.: Ueber die Flora des südwestlichen Schleswigs und der Inseln Föhr, Amrum und Nordstrand. Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein, II, S. 65. 1876.

Meyn, Ludewig, Dr. phil., Landesgeolog in Uetersen: Geognostische Beschreibung der Insel Sylt. Abhandlungen zur geographischen Specialkarte von Preussen und den thüringischen Staaten, I, 4. 1876.

Prahl, P., Dr. Oberstabsarzt: Eine botanische Excursion durch das nordwestliche Schleswig nach der Insel Romö. Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig Holstein, III, S. 15—28. 1876.

Prahl, P., Dr. Oberstabsarzt: Beiträge zur Flora von Schleswig, II. Verhandlungen des Botan. Vereins der Provinz Brandenburg, XVIII, S. 1—25. 1876.

Czerny, Dr. Franz, in Wien: Die Wirkung der Winde auf die Gestaltung der Erde. Ergänzungsheft No. 48 zu Petermanns Geographischen Mittheilungen. Gotha bei J. Perthes 1876.

Ule, Dr. Otto, in Halle: Die Erde, nach E. Reclus. 2 Bde. Leipzig 1876. 2. verbesserte Auflage von Dr. Willi Ule, Privatdozent in Halle.

Jordan, Thysk: Geographie und Meteorologie der Libyschen Wüste. 1876.

Blauford W. T.: On the physial geography of the Great Indian Desert, and on the origin and mode of formation of the sand hills. Journal R. Society of Bengal XIV, p. 97, 1876.

Forsyth: On the buried cities in the shifting sands of the Great Desert of Gobi. Proceedings of the R. Geographical Society XXI. p. 36 London 1876—1877.

Le Chatelier: La mer Saharienne. Revue scientifique. Bd. XII p. 656 ff. 1877.

Müller, Oberforstmeister in Königsberg: Beschreibung der kurischen Nehrung sowie der auf derselben ausgeführten und noch auszuführenden Culturen. In „Die fünfte Versammlung des Preussischen Forstvereins für die gesammte Provinz Preussen zu Insterburg vom 19. bis 21. Juni 1876.“ Im Auftrage des Vereins dargestellt vom Vereinssekretair. Seite XLI. Druck von C. Peschke in Wehlau 1877.

Buchenau, Franz: Weitere Beiträge zur Flora der ostfriesischen Inseln. Abhandlungen d. naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, V, S. 217. 1875.

Buchenau, Franz: Zur Flora von Borkum. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, V, S. 511. 1877.

Buchenau, Franz: Zur Flora von Spiekerooge. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen. VI, S. 507. 1877.

v. Ebner, V.: Vortrag über die Insel Sylt. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark. S. 53. ff. 1878.

Lehmann: Pommerns Küste von der Dievenow bis zum Darss. Breslau 1878.

Credner, Dr. Rudolf, Professor in Greifswald: Die Deltas, ihre Morphologie, geographische Verbreitung und Entstehungsbedingungen. Ergänzungsheft No. 56 zu Petermanns Geographischen Mittheilungen. Gotha, Justus Perthes. 1878.

de Vasselot de Régné, Conservateur des eaux et forêts: Les dunes de la Coubre. Imprim. nat. 1878.

Passarge, Louis: Aus Baltischen Landen. Studien und Bilder. Glogau bei C. Flemming 1878.

Chambrelent, Ingénieur en chef des ponts et chaussées: Mémoire sur l'assainissement et la mise en valeur des Landes de Gascogne. In den „Annales des ponts et chaussées“ 5. Série. Tome XVI. Paris bei Dunod 1878, 2. Halbjahr, S. 157.

Hübbe, Dünen-Inspektor in Keitum: Der Dünenbau der Königlichen Preussischen Regierung auf den Schleswigschen Westsee - Inseln 1876. Mit Anmerkungen von 1878. In den „Landwirtschaftlichen Jahrbüchern, Zeitschrift für wissenschaftliche Landwirtschaft. Herausgegeben vom Geh. Reg.-Rath Dr. von Nathusius und Landes-Oekonomie-Rath Dr. H. Thiel, Berlin bei Wilgandt, Hempel und Parey, 1879, S. 371.

Jentzsch, Dr. Alfred, Geolog und Direktor des Provinzialmuseums, Privatdozent in Königsberg: Die Zusammensetzung des altpreussischen Bodens. In den Schriften der physikal.-ökon. Gesellsch., Bd. XX, S. 1—60 und Sonderausgabe Königsberg bei W. Koch, 1879.

Häpke, L.: Notizen über die Flora von Borkum. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen. VI, S. 567. 1879.

Greinitz, Professor Dr. Eugen in Rostock: Beiträge zur Geologie Mecklenburgs. Im Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg, 1879—1899.

Hahn, F. H., Dr., Privatdozent in Leipzig: Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten. Leipzig bei Wilh. Engelmann 1879, S. 223.

Delfortrie: Les dunes littorales du golfe de Gascogne 1879.

Briart, A.: Sur la stratification entrecroisée. Bull. de la société géol. de France. Bd. (3) 8. p. 587, Paris 1880 (betr. Dünen Flanderns).

Goursand, Inspecteur des Eaux et Forêts: Les Landes et les dunes de Gasgone. In „Revue des Eaux et Forêts“ 1870—1880.

Eilker, G.: Beiträge zur Flora von Ostfriesland. Ostfriesische Monatsblätter, S. 61. 1880.

v. Klinggraff, Hugo, Dr.: Versuch einer topographischen Flora der Provinz Westpreussen. Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig. 1880.

Liebe, Th.: Ueber die Flora der ostfriesischen Inseln Wanderooge und Spiekerooge. Sitzungsberichte des Brandenburgischen Vereins. 1880, S. 58—62.

Berghaus, A.: Das Dünengebiet längs der Ostsee im Stettiner Regierungsbezirk. In der Zeitschrift „Das Ausland“. 1880, No. 35.

Sauvage: Dünen der Normandie. Bull. Soc. géologique de France. Bd. [3] 8., S. 601. Paris 1880.

Rolland, G.: Sur les grandes dunes de sable du Sahara. Bull. soc. géol. de France, (3) X, p. 30 ff. Paris 1881/82.

Jentzsch, Dr. Alfred, Geolog und Privatdozent in Königsberg: Die geologische Erforschung des norddeutschen Flachlandes, insbesondere Ost- und Westpreussens in den Jahren 1878—1880. Schriften der physikal. ökonom. Gesellschaft zu Königsberg XXI., S. 131—208 und Sep. Königsberg, W. Koch 1881. Enthält S. 154—208 eine geologische Skizze des Weichseldeltas mit Karte.

Burkhardt, Forstdirektor: Bergkiefer, Krummholzkiefer (Pinus montana). In der Zeitschrift „Aus dem Walde“, Heft X. S. 22 so wie in „Die zehnte Versammlung des Preussischen Forstvereins für die gesammte Provinz Preussen zu Memel am 16. und 17. Juni 1881“, dargestellt vom Vereinssekretair. S. 17. Druck von E. Rautenberg in Königsberg 1882.

Klinge, Dr. Johannes: Flora von Est-Liv- und Curland. Reval 1882.

Müller, Oberforstmeister in Königsberg: Beschreibung der kurischen Nehrung, so wie der auf derselben ausgeführten und noch auszuführenden Kulturen. Auf den Zustand von 1882 umgearbeitetes Referat von 1876. In „Die zehnte Versammlung des Preussischen Forst-Vereins für die ge-

samte Provinz Preussen zu Memel am 16. und 17. Juni 1881. Dargestellt vom Vereinssekretair, S. 93. Druck von E. Rautenberg in Königsberg 1882.

Tschisch, Professor, Dr. A.: Ueber einige Beziehungen des anatomischen Baues der Assimilationsorgane zu Klima und Standort. Linnaea XLIII, 1882.

Tolle: Uferschutzwerke auf den ostfriesischen Inseln. In der „Zeitschrift für Bauwesen", Berlin bei Ernst u. Korn. 1882, S. 525.

Tischler, Dr. Otto, Direktor der archäologischen Abteilung des Provinzialmuseums in Königsberg: Steinzeit in Ostpreussen. 1882/83.

Hunt, Arthur R.: On the formation of ripplemarks. Proceedings R. Society, Bd. 34, S. 1—18. London 1883.

de Candolle, C.: Rides formées à la surface du sable déposé au fond de l'eau et autres phénomènes analogues. Arch. soc. phys. et nat. Bd. [3] 9., S. 241—278. Genève 1883.

Forel: Les rides de fond étudiées dans le lac Léman., Daselbst. Bd. 10, S. 39—72. Genève 1883.

Zittel, Prof. Dr. Karl von: Beiträge zur Geologie und Paläontolgie der libyschen Wüste. In Dunker u. Zittel. Polaeontographica Bd. XXX., Kassel, Th. Fischer. 1883.

Ackermann, Dr. Carl, in Berlin: Beiträge zur physischen Geographie der Ostsee. Hamburg, Otto Meissner. 1883.

Bornhöft, Dr. Ernst, aus Rostock: Der Greifswalder Bodden, seine Morphologie, geologische Zusammensetzung u. Entwickelungsgeschichte. Separat aus II. Jahresber. der Geograph. Gesellsch. zu Greifswald 1883/84. Greifswald 1885.

von Klinggraeff, H.: Bericht über die botanischen Reisen an den Seeküsten Westpreussens im Sommer 1883. (Schriften d. Naturforschenden Gesellschaft in Danzig. 1884, S. 24.)

Schneider, G.: Ueber die frühere Grösse der Insel Helgoland. In der Zeitschrift „Das Ausland". 1884. No. 2.

Abromeit, Dr. J.: Bericht über seine Excursionen im Kreise Neustadt, Westpr. incl. Putzig. In den Schriften der Physikalisch-ökonomischen Gesellschaft in Königsberg i. Pr. XXX, 1884, S. 60.

Lehmann, F. W. Paul: Das Küstengebiet Hinterpommerns. Zeitschrift d. Gesellsch. f. Erdkunde. Bd. 19, S. 332—404. Berlin 1884.

Lemcke, A.: Bericht über die botanische Erforschung der Kreise Danzig und Neustadt Westpr. Schriften der Physikalisch-ökonomischen Gesellschaft in Königsberg i. Pr. Jahrg. XXVI, 1885, S. 17.

Jentzsch, Dr. Alfred, Geolog und Privatdozent: Beiträge zum Ausbau der Glaciolhypothese in ihrer Anwendung auf Norddeutschland. Im Jahrbuch der königl. preuss. geologischen Landesanstalt. 1884, S. 438—524, mit drei Tafeln. Berlin 1885.

Knoblauch, Dr. Emil: Bericht über die botanische Erforschung des Kreises Memel. Schriften der Physikalisch-ökonomischen Gesellschaft in Königsberg i. Pr. XXVI, 1885, S. 26 u. XXVII, 1886, S. 25.

Ramann, E.: Ueber Bildung und Kultur des Ortsteins. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwissenschaften. I. Berlin 1886.

Grandjean, C, Inspecteur adjoint des Eaux et Forêts: La dune littorale. In: „Revue des Eaux et Forêts". 1886.

Gittay, Dr. E., Dozent: Anatomische Eigentümlichkeiten in Beziehung auf klimatische Umstände. Allgemeine Uebersicht über diesen Gegenstand und Notizen bezüglich einiger einheimischer Gewächse (1. Bijlage tot de 42. Jaarvergadering der Nederl. Bot. Vereeniging 1885 in Nederlandsch. Kmidkundig Archief. Verslagen en Mededeelingen der Nederlandsche Botanische Vereeniging. II. Serie, 4 Decl, 4. Stuck. Nijmegen, H. C. A. Thieme. 1886, S. 413).

Buchenau, Professor Dr. Franz: Vergleichung der nordfriesischen Inseln mit den ostfriesischen in floristischer Beziehung. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen. 1886, S. 361.

Topley, W.: Bericht über die Erosion der Meeresküsten von England und Wales. In: Report of the British Association. 1886, 847. Appendix.

Rolland, G.: Hydrographie et orographie de Sahara algérien. Bull. Soc. de geogr. 1886, p. 203. Paris.

v. Richthofen, Prof. Dr. Freiherr Ferdinand, Geheimer Regierungsrat in Berlin: Führer für Forschungsreisende. S. 745. Berlin, Robert Oppenheim. 1886. [Dünen besonders: S. 345—352, 476—477, 504—507.]

Knuth, P.: Flora der Provinz Schleswig-Holstein. Leipzig 1887.

Fischer, Dr. Theobald, Professor in Marburg: Küstenstudien aus Nordafrika. In Petermanns Geographischen Mitteilungen. 33, S. 1, 1887.

A Sauer u. Th. Siegert, Landesgeologen: Ueber Ablagerung recenten Lösses durch den Wind. Zeitschr. d. Deutschen geolog. Gesellsch. XL., S. 575. Berlin 1888.

von Camerlender, Carl, Freiherr: Litteratur über Staubfälle. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt. Wien 1888, S. 281.

Brick, C.: Beiträge zur Biologie und vergleichenden Anatomie der baltischen Strandpflanzen. Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig N. F. VII. Band, I. Heft, Danzig 1888, S. 108.

v. Fritsch, Professor Dr. Karl Freiherr, in Halle: Allgemeine Geologie Stuttgart, J. Engelhorn, 1888.

Masclef: Etudes sur la géographie botanique du Nord de la France. Journal de botanique. II., 1888.

Knuth, Paul: Botanische Beobachtungen auf der Insel Sylt. Humboldt. Bd. VII, Heft 3, S. 109, 1888.

Prahl, P., v. Fischer Benzon, E. H. L. Krause: Kritische Flora der Provinz Schleswig-Holstein. Kiel 1888—90.

Bezzenberger, Dr. Adalbert, Professor in Königsberg i. Pr.: Die kurische Nehrung und ihre Bewohner. In: Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, herausgegeben von Prof. A. Kirchhoff. III. Bd., 4. Heft, S. 165. Stuttgart, J. Engelhorn, 1889.

Bang, J. P. F: Om de nord-og vestjydske Klitters Beplantning. Tidsskrift for Skorbrug. XII, 1889.

Raunkiaer, C.: Vesterhavets Öst-og Sydkysts Vegetation. Festskrift i Anledning af Borchs Kollegiums 200 Aars Jubilaeum. Kjöbenhavn 1889.

Knuth, P.: Grundzüge einer Entwickelungsgeschichte der Pflanzenwelt in Schleswig-Holstein. Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein. 8. Bd., 1. Heft. Kiel 1889.

Knuth, P.: Gab es früher Wälder auf Sylt? (Humboldt. VIII., Heft 8). 1889.

Knuth, P.: Die Frühlingsflora der Insel Sylt (Deutsche Botanische Monatsschrift, herausgegeben von Professor Dr. Leimbach. Arnstadt 1889, VII., S. 146).

Raunkiaer, C.: Bemaerkinger over de nordfrisiske Öers Planterackst samt Bidrag til en eventuel Flora over disse Öer. Festskrift i Anledning af Borchs Kollegiums 200 Aars Jubilaeum. Kjöbenhavn 1889.

Kalmuss, F.: Botanische Streifzüge auf der frischen Nehrung von Neukrug bis Pröbbernau. Schriften der Naturforschenden Gesellschaft zu Danzig. N. F. VII. Band, 2. Heft, 1889.

Panzer, D., Assistent am Königl. Staatsarchiv in Königsberg: Die Verbindung des frischen Haffs mit der Ostsee in geschichtlicher Zeit. Altpreussische Monatshefte XXVI, S. 259—295. Königsberg 1889.

Parran: Observations sur les dunes littorales en Algérie et en Tunisie. Bulletin de la Société géologique de France (3) XVIII, p. 245—251. Paris 1889/90.

Labat: Les dunes maritimes et les sables littoraux. Bulletin de la Société éologique de France (3) XVIII, p. 259. Paris 1889/90.

Bolton, X. C.: Ueber Denudation. Transactions of du New York Academy of Science. 1889/90, IX, p. 110—126.

J. Murray: Ueber Denudation. In der Zeitschrift „Nature“ 1890, 42, p. 296—297.

Courbis, E.: Die Feuchtigkeit des Bodens als erste Ursache zur Anhäufung des Sandes in der Sahara. Comptes Rendus de la Société de géographie. Paris 1890, S. 114—119, 259.

Labat: Dünenbildung in Europa, namentlich in Frankreich. Bulletin de la Société géologique de France 18, 1890, p. 259--273.

Muschketow, übersetzt von Merena: Die Kontinental-Sanddünen oder Barchane. Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik. XII, 1890, S. 147.

Durègne, E.: Sur la distinction de deux âges dans la formation de dunes de Gascogne. Comptes Rendus. CXI. p. 1006—1008. Paris 1890.

Rolland, Géologie du Sahara algérien. Paris 1890.

v. Helmholz, H., Geheimer Regierungsrat, Professor Dr.: Die Energie der Wogen und des Windes. Sitzungsbericht d. königl. preuss. Akademie der Wissenschaften. Berlin 1890, II, S. 853—872.

Knuth, Paul: Botanische Wanderungen auf der Insel Sylt. Mit einer Kartenskizze und einer Tafel. Tondern und Westerland 1890.

Knuth, P.: Sommerwanderungen auf der Insel Sylt. (Leimbachs Deutsche Botanische Wochenschrift. VIII, S. 122; IX, S. 14 und XII, S. 67). 1890.

Knuth, P.: Altes und Neues von der Insel Sylt. (Humboldt IX. Band, 3. Heft). 1890.

Lesage, P.: Recherches expérimentales sur les modifications des feuilles chez les plantes maritimes. Revue générale de botanique II, 1890.

Dulignon-Desgranges: Les dunes de Gascogne, le bassin d'Arcachon et le baron de Villers. 1890.

Buchenau, Franz, Professor Dr.: Flora der ostfriesischen Inseln. Norden und Norderney bei H. Braans. 1891.

Zeitl, Dr. O., Geolog in Berlin: Beitrag zur Geologie der nordfriesischen Inseln. Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein. VIII, S. 145—161, mit einer Tafel. Kiel 1891.

Wahnschaffe, Dr. Felix, Landesgeologe in Berlin: Die Ursachen der Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. Stuttgart, J. Engelhorn. 1891.

Knuth, P.: Die Bestäubungseinrichtung von Armeria maritima Willd. Botanisches Centralblatt, 48. Band. S. 41. 1891.

Knuth, P.: Die Fichte, ein ehemaliger Waldbaum Schleswig-Holsteins. Botanisches Centralblatt, 47. Band, Nr. 8, S. 225. 1891.

Walther, Dr. Johannes, Prof. in Jena: Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung. Untersuchungen über die Bildung der Sedimente in den ägyptischen Wüsten. Abhandl. d. math. physikal. Kl. d. K. Sächs. Gesellsch. d. Wissenschaften. Bd. XVI. No. III, Leipzig 1891, S. 345—569, Tafel I—VIII.

Kayser, Dr. Emanuel, Professor in Marburg: Lehrbuch der Geologie. Stuttgart 1891—1893.

Rördam, Staatsgeolog K., in Kopenhagen: Saltvandsalluviet i det nordostlige Sjaelland. In Danmarks geologiske Undersögelse No. 2, S. 1—151, Kjöbenhavn 1892.

Lewin, L.: Pilze von der Insel Sylt (bei Westerland). Schriften des naturwiss. Vereins für Schleswig-Holstein. IX, 2, S. 258, 1892.

Chelius, Dr. C., Landesgeologe in Darmstadt: Flugsand und Rheinalluvium zur Jetztzeit. N. Jahrbuch f. Mineralogie und Geologie. 1892, I, S. 224, Stuttgart, Schweizerbart.

Chambrelent: Ueber den gegenwärtigen Zustand der Dünen am Golf von Biscaya. Comptes Rendus 1892, 1. Sem., 114, 883—889. Paris.

Weber, C., Dr.: Ueber die Zusammensetzung des natürlichen Graslandes in Westholstein, Dithmarschen und Eiderstedt. Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein Bd. IX, Heft 2, Kiel 1892.

Jentzsch, Dr., Alfred, Professor: Führer durch die geologischen Sammlungen des Provinzialmuseums der Physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg. Königsberg i. Pr. bei Wilh. Koch. 1892.

Knuth, P.: Vergleichende Beobachtungen über den Insektenbesuch an den Pflanzen der Sylter Heide und der schleswigschen Festlandsheide. Botanisch Jaarboek, uitgegeven door het Kruitkundig genootschap „Dodonaea" te Gent. 4. Jahrg., S. 26—51, 1892.

Schirmer: le Sahara. S. 155. Paris 1893.

Credner, Dr., Rudolf, Professor in Greifswald: Rügen, eine Inselstudie. Stuttgart. J. Engelhorn. 1893.

Lorié, J.,: Contributions à la géologie des Pays-Bas. V. Les dunes intérieures. In: Archives du musée Teyler (2) III. p. 375.

Lorié, J.. Binnenduinen en bodenbewegingen. Tijdschr. aardr. genootsch. 1893. S. 753. Archiv Mémoires de la Société belge de géologie et hydrologie III. S. 409.

Keilhack, Dr., K., Landesgeologe in Berlin: Die Wanderdünen Hinterpommerns. In „Prometheus", Illustrierte Wochenschrift über die Fortschritte in Gewerbe, Industrie und Wissenschaft. Herausgegeben von Dr. Otto Witt, Jahrg. V. 7. 1893, No. 215, S. 102.

Rohlfs, Hofrat Dr. Gerhard: Woher kommt das Wasser in den Oasen der Sahara? Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Bd. 28, S. 302. Berlin 1893.

Dames, Dr. W., Professor in Berlin: Sitzungsbericht der königl. peuss. Akademie der Wissenschaften. Berlin 1893, S. 1019—1039. Vergl. das ältere Werk von Wibel: Die Insel Helgoland (mit Tafeln).

Abromeit, Dr. Johannes: Ueber Veränderungen in der preussischen Flora. Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft in Königsberg 1893.

Walther, Dr. Johannes, Professor in Jena: Lithogenesis der Gegenwart. Beobachtungen über die Bildung der Gesteine an der heutigen Erdoberfläche. Jena, Gustav Fischer. 1894.

Steenstrup, Staatsgeolog K. J. V. in Kopenhagen: Om Klitternes Vaudring. In Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening. I. S. 1—14. Kjöbenhavn 1894.

Penck, Dr. Albrecht, Professor in Wien: Morphologie der Erdoberfläche. 2 Bde. S. 469 u. 696. Stuttgart, J. Engelhorn 1894. [Ueber Dünen besonders I. S. 247—259, 360—362. II. S. 38—50.]

Udden, J. A.: Ueber die Erosion durch Winde. Journal of Geology. II., 1894, p. 318—331.

Sokolów, N. A., Landesgeologe in St. Petersburg: Die Dünen. Bildung, Entwickelung und innerer Bau. Deutsche vom Verfasser ergänzte Ausgabe von Prof. Dr. Andreas Arzruni in Aachen. Berlin, Jul. Springer. 1894. [Darin Litteratur über russische Dünen.]

Shaler, N. S.: Ueber die Rolle des Dünensandes gegenüber der abradierenden Kraft der Meereswelle. Bulletin of the Geological Society of America. 1894. V. p. 207—212.

Sandstede, Heinrich: Zur Lichenenflora der nordfriesischen Inseln. (Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, XIII 1., S. 106). 1894.

Alpers, F. Beiträge zur Flora von Sylt. (Abhandlungen, herausgegeben vom naturwissenschaftlichen Verein zu Bremen. XIII. Bd., 1. Heft, S. 138). 1894.

Knuth, P.: Blumen und Insekten auf den nordfriesichen Inseln. Kiel und Leipzig 1894.

Knuth, P.: Blumen und Insekten auf den Halligen (Bloemen en Insecten op de Halligen). Mit einer pflanzengeographischen Karte der Halligen, sowie der Inseln Nordstrand, Pellworm, Föhr und eines Teiles von Sylt (Botanisch Jaarboek, 6. Jahrg., S. 42). 1894.

Knuth, P.: Weitere Beobachtungen über Blumen und Insekten auf den nordfriesischen Inseln. Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein, X. Band, 2. Heft. 1895.

Knuth, Dr. P., Oberlehrer: Flora der nordfriesischen Inseln. Kiel und Leipzig bei Lipsius und Tischer. 1895.

Graebner, Dr. Paul: Zur Flora der Kreise Putzig, Neustadt (Westpr.) und Lauenburg i. Pomm. Ein Beitrag zur Pflanzengeographie Norddeutschlands. Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig N. F. I. Bd., 1. Heft 1895, S. 271.

Graebner, P.: Studien über die norddeutsche Heide. Englers Botanische Jahrbücher, XX. Bd., 4. Heft. Leipzig bei Engelmann 1895, S. 500.

Retgers, J. W.: Ueber die mineralogische und chemische Zusammensetzung der Dünensande Hollands. N. Jahrb. f. Mineralogie. 1895. I., Stuttgart, E. Schweizerbart.

Sokolów, N., Landesgeologe in Petersburg: Ueber die Entstehung der Limanen Südrusslands. Mémoires du comité géologique, X, No. 4. (Deutsch und russisch.) St. Petersburg 1895.

Neumayr, Dr. Melchior, Professor in Wien: Erdgeschichte. 2 Bände. 2. Aufl. bearbeitet von Professor Dr. Viktor Uhlig. Leipzig 1895.

Schelten, Geheimer Baurath, und Roloff, Regierungsbaumeister: Geschichte der Strandschutzbauten auf der Insel Baltrum nebst Bemerkungen über die Ostfriesischen Inseln und deren Befestigung. In der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. XLV, S. 387. Berlin bei W. Ernst & Sohn 1895.

Baltzer, Dr. A., Professor in Bern: Beobachtungen bei Biskra. Mitth. d. Naturf. Gesellschaft in Bern 1895/96.

Schroeder van der Kolk: Bydrage tot de Karteering onzer zandgronden, I, II. Amsterdam 1895 und 1897.

Warming, E., Professor Dr.: Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Deutsche, vom Verfasser genehmigte, durchgesehene und vermehrte Ausgabe. Uebersetzt von Dr. Emil Knoblauch. Berlin bei Gebr. Bornträger 1896. Kap. 13, S. 240.

Schelten, Geheimer Baurat: Die Strandschutzwerke auf den Ostfriesischen Inseln und ihr Verhalten bei den letzten grösseren Sturmfluten. In der Zeitschrift für Bauwesen. Berlin bei W. Ernst & Sohn 1896, S. 259.

Daveau J.: La flore littorale du Portugal. Bullet. de l'herbier Boissier. vol IV, 1896.

Verworn, M.: Ueber Pyramidengeschiebe von der Sinaiküste. N. Jahrb. f. Mineralogie 1896, I, S. 200—210.

Doss, Dr. Br., Professor in Riga: Ueber Dünen der Umgegend von Riga. Korrespondenzblatt des Naturforschervereins, XXXIX, S. 31—40. Riga 1896.

Buchenau, Dr. F., Professor in Bremen: Ueber die ostfriesischen Inseln und ihre Flora. Zu den Verhandlungen des 11. Deutschen Geographentages, S. 129—141. Bremen 1896.

Ascherson P. und P. Graebner: Synopsis der mitteleuropäischen Flora. Leipzig bei Engelmann. 1896 (wird fortgesetzt).

Kummer, E., Geheimer Ober-Baurat und Professor in Berlin: Der erste Anfang einer regelrechten Dünenbefestigung an der preussischen Ostseeküste und die Sören Biörnsche Denkschrift vom 4. April 1796. In der Zeitschrift für Bauwesen. Berlin bei W. Ernst u. Sohn. 1896, S. 431.

Donde, Oscar, Professor Dr., Geheimer Hofrat in Dresden: Deutschlands Pflanzengeographie. Handbücher zur deutschen Landes- und Volkskunde, herausgegeben von der Centralkommission für wissenschaftliche Landeskunde von Deutschland, IV. Band, I. Teil. Stuttgart bei Engelhorn. 1896.

Bock, Regierungs- und Forstrat in Königsberg: Vorgeschichte der Kurischen Nehrung, ihre Festlegung und Wiederbewaldung. Vortrag, gehalten in der fünfundzwanzigsten Versammlung des Preussischen Forstvereins für die gesamten Provinzen Preussen in Königsberg i. Pr. am 15. und 16. Juni 1896. Im Auftrage des Vereins dargestellt vom Schriftführer. Druck von Max Schlamm in Wehlau. S. 18.

Keilhack, Dr. Konrad, Landesgeologe in Berlin: Beobachtungen über die Bewegungsgeschwindigkeit zweier Wanderdünen zwischen Rügenwalde und Stolpmünde. Jahrb. d. k. geolog. Landesanstalt für 1896. Berlin 1897, S. 194—198.

Grandjean, C.: Inspecteur adjoint des Eaux et Forêts: Les Landes et les dunes de Gascogne. Paris. J. Rothschild 1897.

Dahner, Dr. Moritz: Beiträge zur Morphologie und Biologie von Jlex aquifolium und Cakile maritima auf der Insel Rügen. Botanisches Centralblatt, Band LXXII, 1897.

Buffault, Pierre, Garde Général des Forêts: Etude sur la côte et les dunes du Médoc. Littoral ancien, littoral actuel. Souvigny (Allier). Imprimerie Jehl. 1897.

Credner, Dr. Hermann, Professor und Direktor der K. Sächs. Geologischen Landesuntersuchung, Geheimer Bergrat in Leipzig: Elemente der Geologie. 8. Auflage, Leipzig, Wilhelm Engelmann. 1897, S. 797.

von Horn, A.: Zur Frage der Befestigung der Nordseeküste. Im Centralblatt der Bauverwaltung, Berlin bei Wilh. Ernst & Sohn. 1897, S. 265.

von Horn, A.: Ufer- und Strandbefestigungen in Holland. Im Centralblatt der Bauverwaltung, Berlin bei Wilh. Ernst & Sohn. 1897, S. 390.

Sabban, Dr. Paul: Die Dünen der südwestlichen Heide Mecklenburgs und über die mineralogische Zusammensetzung diluvialer und alluvialer Sande. Inaugural-Dissertation. Rostock 1897. S. 52, mit 4 Tafeln.

Gerhardt, Regierungs- und Baurat in Königsberg i. Pr.: Uferdeckungen durch Binsen, Rohr, Schilf und Weiden. In der Zeitschrift für Bauwesen, Berlin bei Wilh. Ernst & Sohn. 1897, S. 453.

Schreiber, Dr. Paul, Professor in Chemnitz: Studien über Luftbewegungen. In: Abhandlungen d. königl. sächs. meteorologischen Instituts. Heft 3, S. 45, mit 4 Tafeln. Leipzig 1898.

Müller, Friedr., Regierungs-Baumeister: Das Wasserwesen der Niederländischen Provinz Zeeland. Berlin bei Wilh. Ernst & Sohn. 1898.

Kerner, Hafenbaudirektor in Rostock: Uferschutzbauten im Ostseeküstengebiet der Stadt Rostock. Im Centralblatt der Bauverwaltung, Berlin bei Wilh. Ernst & Sohn. 1898, S. 25.

Lindner, Fr., Pastor in Osterwieck: Die preussische Wüste einst und jetzt. Bilder von der kurischen Nehrung. Osterwieck im Harz bei A. W. Zickfeldt 1898.

Thomas, A., Baurat: Seestrandbefestigungen auf der Insel Sylt bis zum Jahre 1887. Im Centralblatt der Bau-Verwaltung. Berlin bei Wilh. Ernst & Sohn. 1898, S. 548.

Geinitz, Dr. Eugen, Professor in Rostock: Der Conventar-See bei Dobberan. Mitteilungen aus der Grossherzoglich Mecklenburgischen Geologischen Landesanstalt. IX. Rostock 1898. Sonderabdruck aus den Landwirtschaftlichen Annalen. 1898, No. 50, 51, 52.

Zweck, Dr. Albert, Oberlehrer in Memel: Litauen. Eine Landes- und Volkskunde. Aus: Deutsches Land und Leben in Einzelschilderungen. Stuttgart bei Hobbing u. Büchle. 1898.

Schimper, Professor Dr. A. F. W.: Pflanzen-Geographie auf physiologischer Grundlage. Jena bei H. Fischer. 1898.

Abromeit, J., Jentzsch A. u. Vogel G.: Flora von Ost- und Westpreussen, herausgegeben vom Preussischen Botanischen Verein zu Königsberg i. Pr. 1. Hälfte. Berlin 1898. In Kommission bei R. Friedländer & Sohn.

Ascherson P. u. Graebner P.: Flora des Nordostdeutschen Flachlandes (ausser Ostpreussen). Berlin bei Gebr. Bornträger. 1898.

Lamson-Scribner, F., Agrostologist. Sand-Binding Grasses. In: Yearbook of the United States Department of Agriculture. 1898. Washington, Government Printing Office. 1899, S. 405.

Alphabetisches Sachregister.

Druck von W. Büxenstein, Berlin SW.